Acercándonos a las estrellas

Material complementario 2

Semana 1

Autor: José Maza S.

EduAbierta

UNIVERSIDAD DE CHILE

PTE Programa Transversal de Educación

fcfm Astronomía Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad de Chile

Centro de Astrofísica y Tecnologías Afines

Introducción:

- La gran separación existente entre la órbita de Marte y de Júpiter llamó la atención de los astrónomos desde los tiempos de Copérnico.
- En el siglo XVIII el alemán **J. Daniel Titius** (1729-1796), profesor de física en Wittenberg, encontró una relación numérica que reproduce con una buena aproximación los semi-ejes mayores de las órbitas planetarias.
- La publicó en 1772.

- Esta serie pasó inadvertida hasta que **Johan Elert Bode** (1747-1826), director del Observatorio de Berlín, la dio a conocer en 1778
- ahora es referida como la ***"ley de Titius-Bode",*** o simplemente como ***ley de Bode***.

- Partiendo de una sucesión formada por el número 0 y los términos de una progresión geométrica de razón 2 y primer término 3 (0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384, ...), si le agregamos 4 a cada término y luego dividimos por 10, resulta la serie: 0,4 0,7 1,0 1,6 2,8 5,2 10,0 19,6 38,8 ...

- Esta serie representa muy bien las distancias de los planetas al Sol, desde Mercurio hasta Saturno, empezando en orden desde el primer término, pero omitiendo el quinto.
- [Las distancias media al Sol son: Mercurio 0,39; Venus 0,72; La Tierra 1,0; Marte: 1,52; Júpiter 5,20; Saturno: 9,54].

Planeta	Distancia	Ley de Bode
Mercurio	0,39	0,4
Venus	0,72	0,7
Tierra	1,0	1,0
Marte	1,52	1,6
????		2,8
Júpiter	5,20	5,2
Saturno	9,54	10,0

Planeta	Distancia	Ley de Bode
Mercurio	0,39	0,4
Venus	0,72	0,7
Tierra	1,0	1,0
Marte	1,52	1,6
????		2,8
Júpiter	5,20	5,2
Saturno	9,54	10,0
Urano	19,18	19,6

- El descubrimiento de Urano, hecho por William Herschel en Marzo de 1781, mostró que el nuevo planeta estaba a una distancia media al Sol de 19,18 unidades astronómicas, siendo 19,6 la predicción de la relación de Titius.
- Esto trajo a primer plano la ley de Bode y los astrónomos del mundo entero lamentaron no haber "salido a buscar" un planeta más allá de Saturno.
- Mirando la ley de Bode empezaron a pensar si a 2,8 unidades astronómicas no habría un planeta que aún no había sido descubierto.

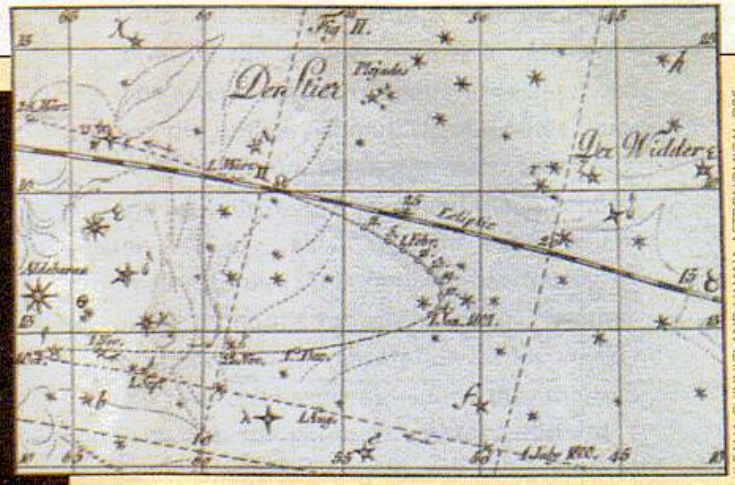
Búsqueda y descubrimiento:

- En 1800 el astrónomo alemán **Franz Xaver, barón de Zach** (1754-1832), reunió en Lilienthal a 24 astrónomos con el objeto de organizar una búsqueda sistemática de este hipotético miembro desconocido del sistema solar.

- Dividieron la región zodiacal del cielo en 24 zonas encargando a cada astrónomo el patrullaje de una de ellas.
- Sin embargo la suerte no estuvo de parte del grupo de Lilienthal, pues fue **Giuseppe Piazzi** (1746-1826), astrónomo italiano, que no participó en la reunión de Lilienthal, quien tuvo el privilegio del descubrimiento.

CERES AT 200

ILEANA CHINNICI



ILEANA CHINNICI AND VAIANA ASTRONOMICAL OBS.

Above: **In 1802, Johann Bode published this chart showing where Ceres had tracked through western Taurus near the time of its discovery.** ***Left:*** **The Italian astronomer-priest Giuseppe Piazzi (1746–1826) points to his celebrated find in this portrait from the Giuseppe S. Vaiana Astronomical Observatory in Palermo, Italy.**

- Piazzi descubrió el 1º de Enero de 1801, primer día del siglo XIX, un objeto de séptima magnitud que en las noches siguientes fue cambiando de posición en el cielo con respecto a las estrellas vecinas.
- Lo observó hasta el 24 de Enero, fecha en que envía la información de su descubrimiento a Bode en Berlín.
- Piazzi intentó computar una órbita para el nuevo objeto (que él pensó era un cometa de apariencia estelar).

- No existía un método para calcular una órbita salvo que ésta fuese circular o parabólica.
- Piazzi calculó una órbita circular pues ya había descartado la idea que se tratase de un cometa.
- Cuando iniciaron la búsqueda después del período de invisibilidad, el objeto no fue encontrado en el lugar calculado.
- El gran matemático alemán **Carl Friedrich Gauss** (1777-1855) que estaba trabajando en el problema de órbitas planetarias dirigió entonces su atención al perdido objeto de Piazzi, al recibir en octubre una carta de von Zach donde explicaba la dificultad para recuperar el objeto y le detallaba las observaciones.

- Con su nuevo método de cálculo y las observaciones de Piazzi pudo determinar una órbita que llevó a recuperar el objeto perdido el 7 de Diciembre de 1801, en el lugar predicho por Gauss, muy distinto del sitio donde se había buscado previamente
- [el método de cuadrados mínimos lo desarrolló Gauss en esa época junto con un método general de cálculo de órbitas donde los seis elementos de la órbita, incluyendo la excentricidad, se determinan a partir de un conjunto de observaciones, con un mínimo de tres;
- el nuevo método lo publicó Gauss en 1809].

- La órbita indicaba que se trataba de un objeto ubicado entre Marte y Júpiter, con un período cercano a 4 años y con una distancia media al Sol (2,77 UA) muy de acuerdo con la ley de Bode.
- Piazzi lo designó con el nombre de **Ceres**, la diosa tutelar de Sicilia. Ceres corresponde en la mitología romana a Demeter de la mitología griega, hermana de Zeus.
- Ceres (Demeter) es la diosa de las cosechas.

- El tamaño de Ceres es menor de mil kilómetros de diámetro, notablemente menor que cualquier planeta y también más pequeño que la Luna y los grandes satélites de Júpiter y Saturno.
- Dado que no era el planeta que se esperaba y dada la frustración del grupo de Lilienthal la búsqueda continuó.
- El 28 de Marzo de 1802 **Heinrich Wilhem Mathias Olbers** (1758-1840) descubrió un segundo pequeño planeta: **Palas**.

- Olbers era médico y ejercía la medicina en Bremen pero en sus ratos libres se dedicaba con pasión a la astronomía.
- La órbita de Palas es casi del mismo tamaño que la de Ceres pero con una fuerte inclinación con respecto a la eclíptica (35°).
- Posteriormente K. L. Harding, del Observatorio de Göttingen, el 1 de Septiembre de 1804, descubrió **Juno** y luego Olbers, el 29 de Marzo de 1807, descubrió **Vesta**.

Asteroide	Período orbital (años)	a(U.A.)	e	i	D (km)
Ceres	4,607	2,769	0,0780	10,61	993
Palas	4,611	2,770	0,2347	34,81	525
Juno	4,359	2,668	0,0258	13,00	267
Vesta	3,629	2,361	0,0906	7,14	510

- Se habían encontrado 4 nuevos planetas en lugar de uno, en la ubicación indicada por la ley de Bode, pero además todos eran muchísimo más pequeños que Júpiter o Marte, pues su brillo alcanza sólo a la milésima parte de la de éstos y su apariencia en el telescopio es perfectamente estelar.
- Fueron designados con el nombre de ***pequeños planetas*** o ***asteroides***.
- Sus órbitas están entre 2,3 y 2,8 UA y sus períodos de revolución entre 3,6 y 4,6 años.

- Por muchos años sólo se conocieron 4 pequeños planetas.
- Recién en 1845 se descubrió el quinto.
- Con la construcción de mapas estelares hasta la novena magnitud, hecha en el Observatorio de Berlín para la zona zodiacal, se posibilitaron nuevos descubrimientos.
- Ya en 1855 el número de pequeños planetas conocidos había aumentado a 26; en 1870 se alcanzó a los 105.

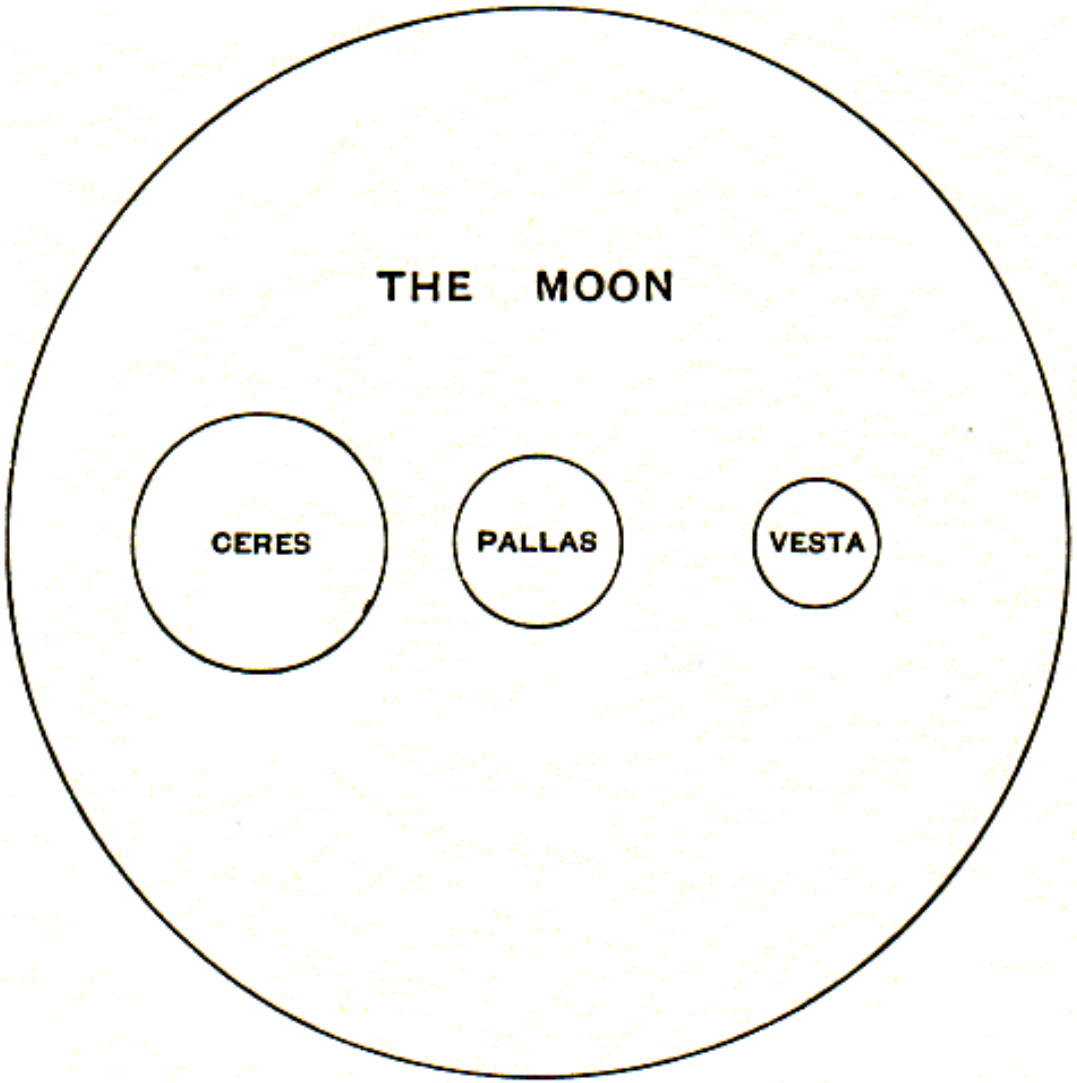
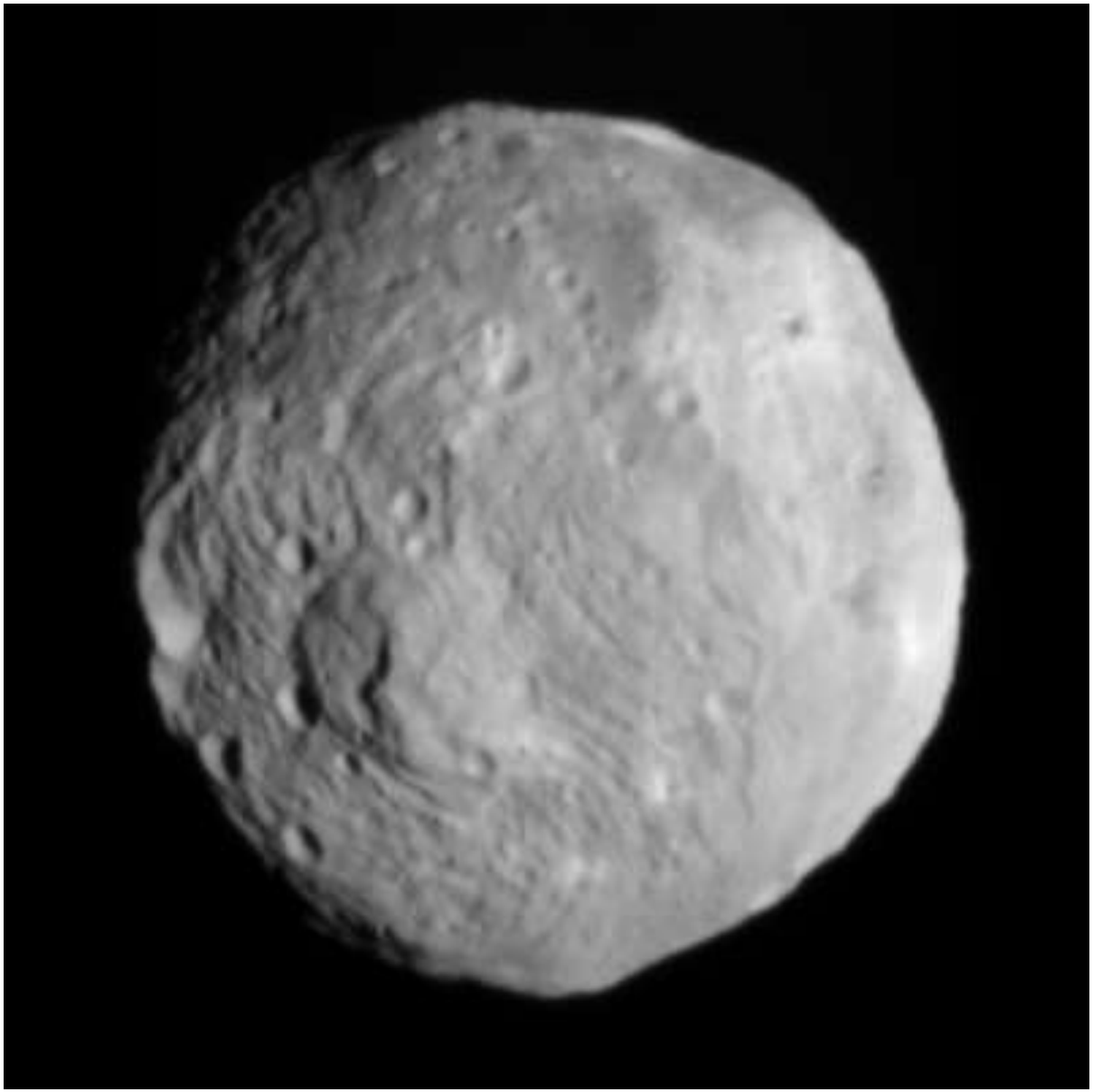


FIG. 90.—Comparative sizes of three minor planets and the moon.

Vesta



- Así en 1900 el número de asteroides se había elevado a 436.
- Al mejorar la técnica fotográfica y utilizando nuevos métodos de búsqueda fue posible elevar rápidamente ese número.
- En el año 1937 se conocían 1.417 y en 1977 había 2.000 pequeños planetas numerados, con órbitas muy bien conocidas y un gran número (5.000) de asteroides con órbitas preliminares.

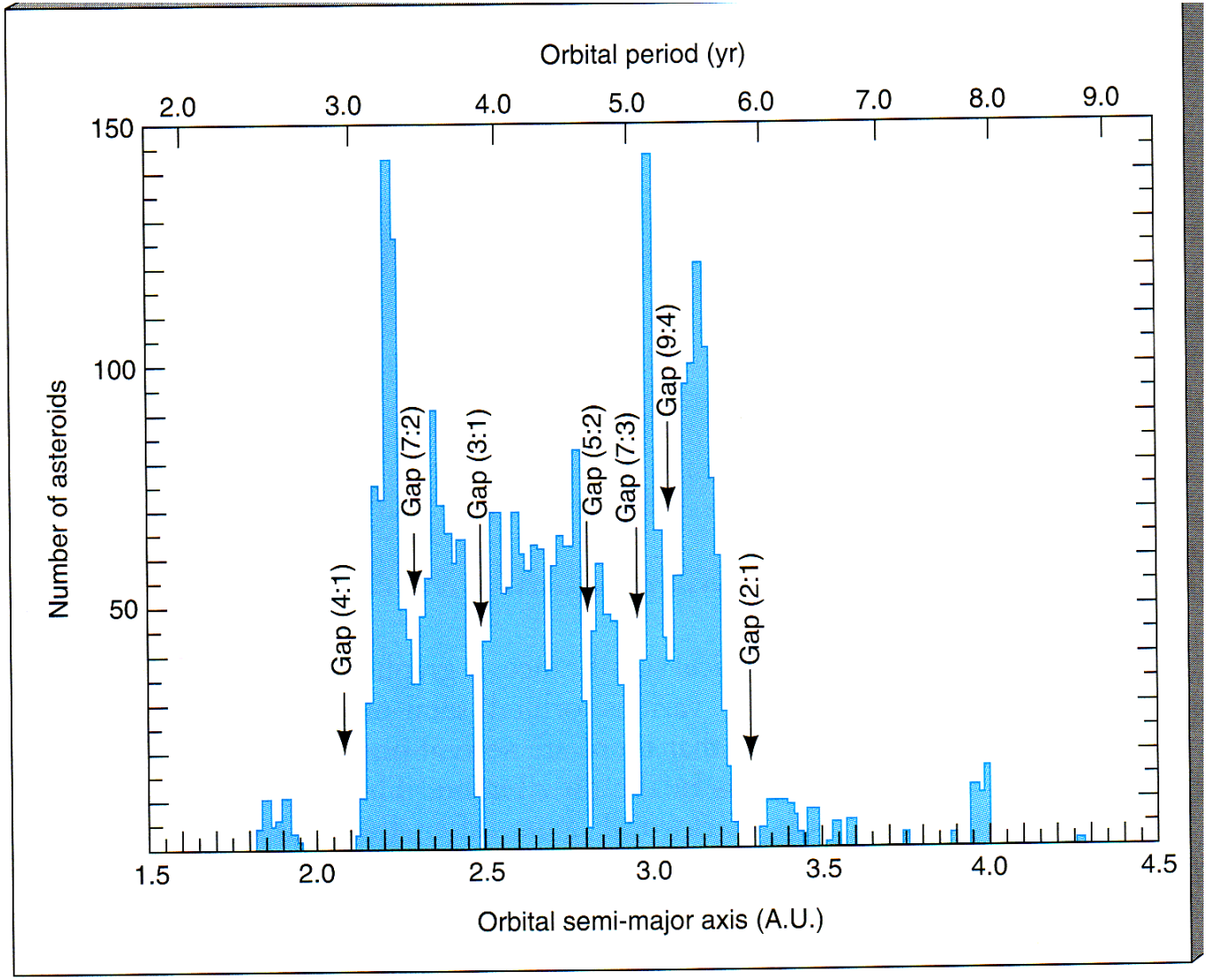
- Los primeros cuatro planetoides descubiertos tienen tamaños entre 500 y 1.000 kilómetros de diámetro.
- Los más débiles que se descubren tienen tamaños de 10 kilómetros, o menos.
- Su número crece incesantemente al alcanzar objetos de menor tamaño.
- Se estima que el número total de asteroides sobrepasa el 1.000.000.
- Es posible que no exista límite pues los más débiles son simplemente rocas de 1 kilómetro o menos.

- En 1866 el astrónomo **Daniel Kirkwood** (1815-1895), estudiando las órbitas de los pocos pequeños planetas conocidos a esa fecha, señaló que los períodos no se distribuían al azar en torno al promedio de 4,7 años.

- Encontró que había ausencia de asteroides con períodos de 5,93 años, 4,74 años y de 3,95 años, que corresponden a ½, $^{2}/_{5}$ y a $^{1}/_{3}$ del período de Júpiter.
- Estudios posteriores, utilizando un mayor número de pequeños planetas (Kirkwood tenía inicialmente datos para sólo 88 asteroides), han confirmado las lagunas de Kirkwood, agregando otra correspondiente a $^{3}/_{7}$ del período de Júpiter.

- Naturalmente estas lagunas en la distribución de los períodos deben ser causadas por Júpiter que no acepta esa conmensurabilidad y perturba sacando de esas posiciones a los asteroides [las lagunas en los períodos se traducen en lagunas en los semi-ejes mayores, zonas del espacio donde no hay pequeños planetas].
- Estas lagunas de Kirkwood constituyen un hecho que la mecánica celeste del siglo XIX no había predicho.

- Estas resonancias con la órbita de Júpiter saca a cualquier objeto de esa zona, sin embargo algunos pequeños planetas están atrapados en las resonancias 1:1 de los Troyanos o de 2:3 de los tipo Hilda.



(a)

Figure 14.4 (a) The distribution of asteroid semi-major axes shows some prominent gaps caused by resonances with Jupiter's orbital motion. Note, for example, the prominent gap at 3.3 A.U., which corresponds to the 2:1 resonance—the orbital period is 5.9 years, exactly half that of Jupiter. (b) An asteroid in a 2:1 resonance with Jupiter

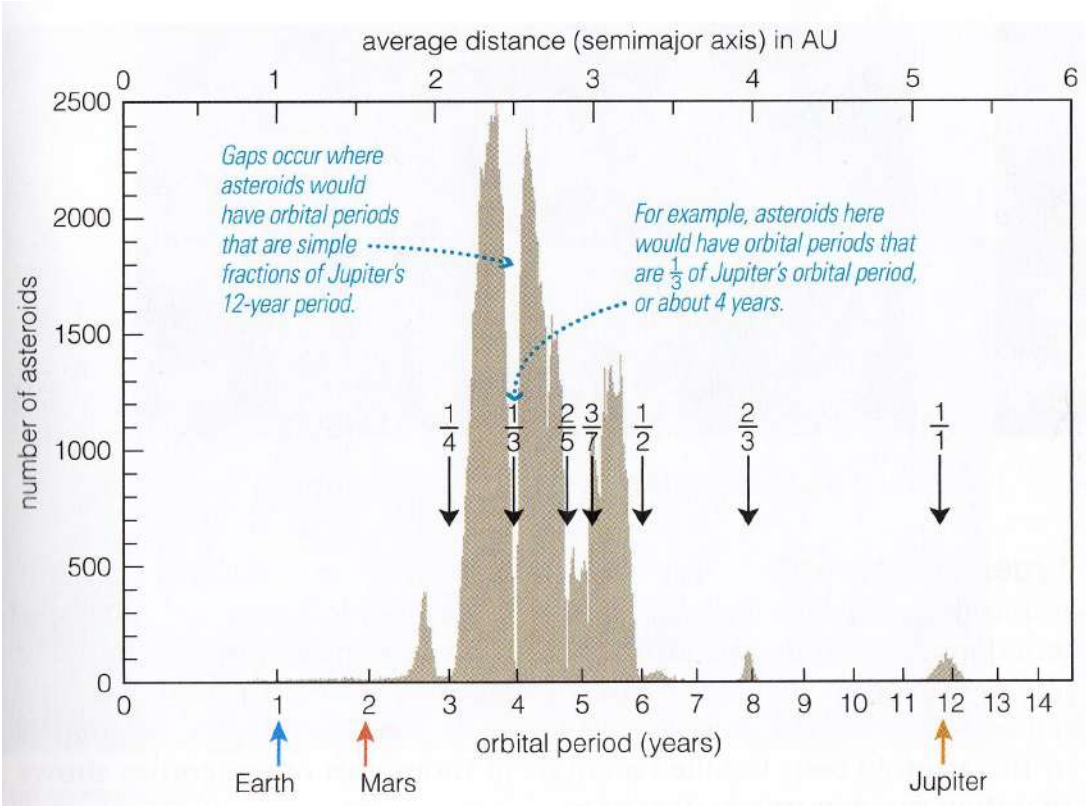


FIGURE 9.5

This graph shows the numbers of asteroids with various orbital periods, which correspond to different average distances from the Sun (labeled along the top). Notice the gaps created by orbital resonances with Jupiter. (Some resonances, such as $\frac{1}{1}$ or $\frac{2}{3}$, are stable and tend to collect asteroids; $\frac{1}{1}$ represents the Trojan asteroids, which have the same orbital period as Jupiter.)

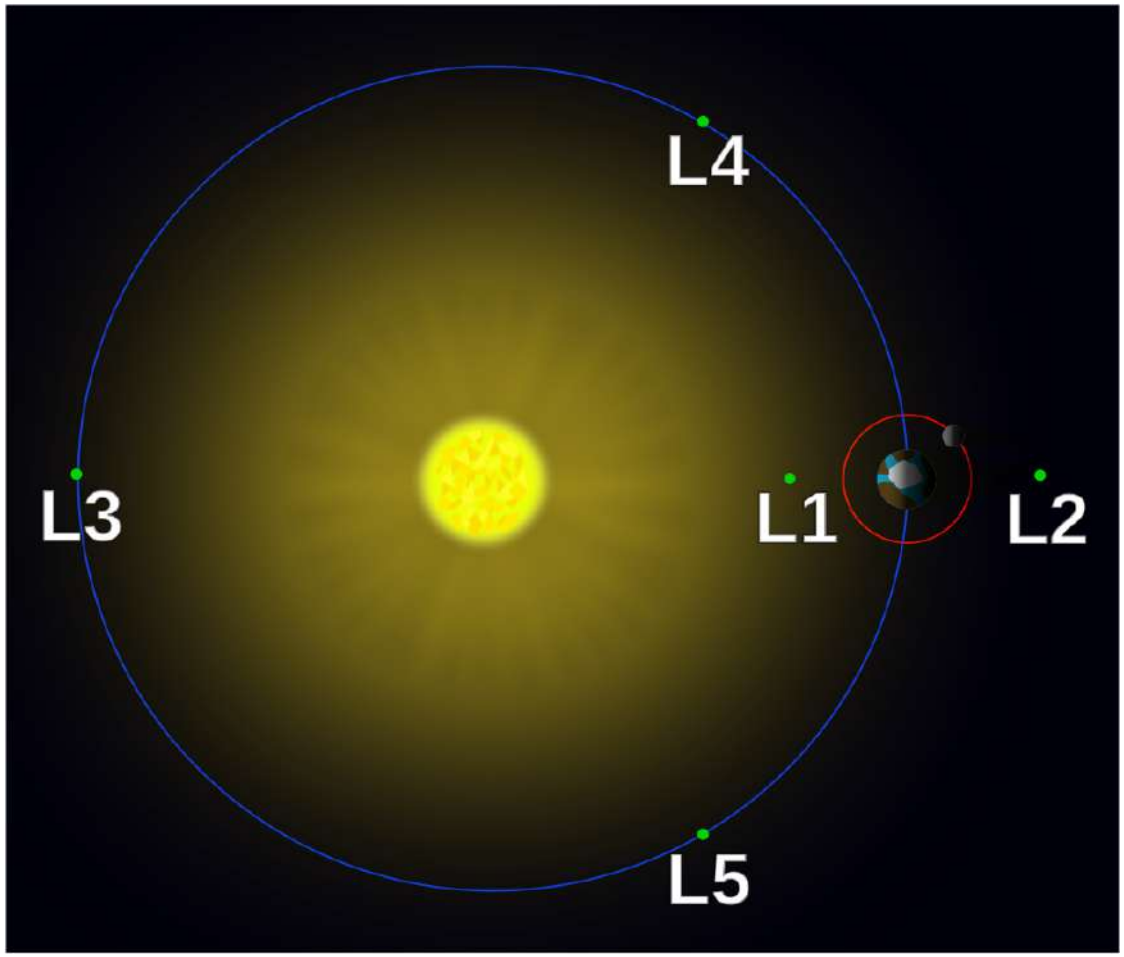
common
misconceptions

Dodge Those Asteroids!

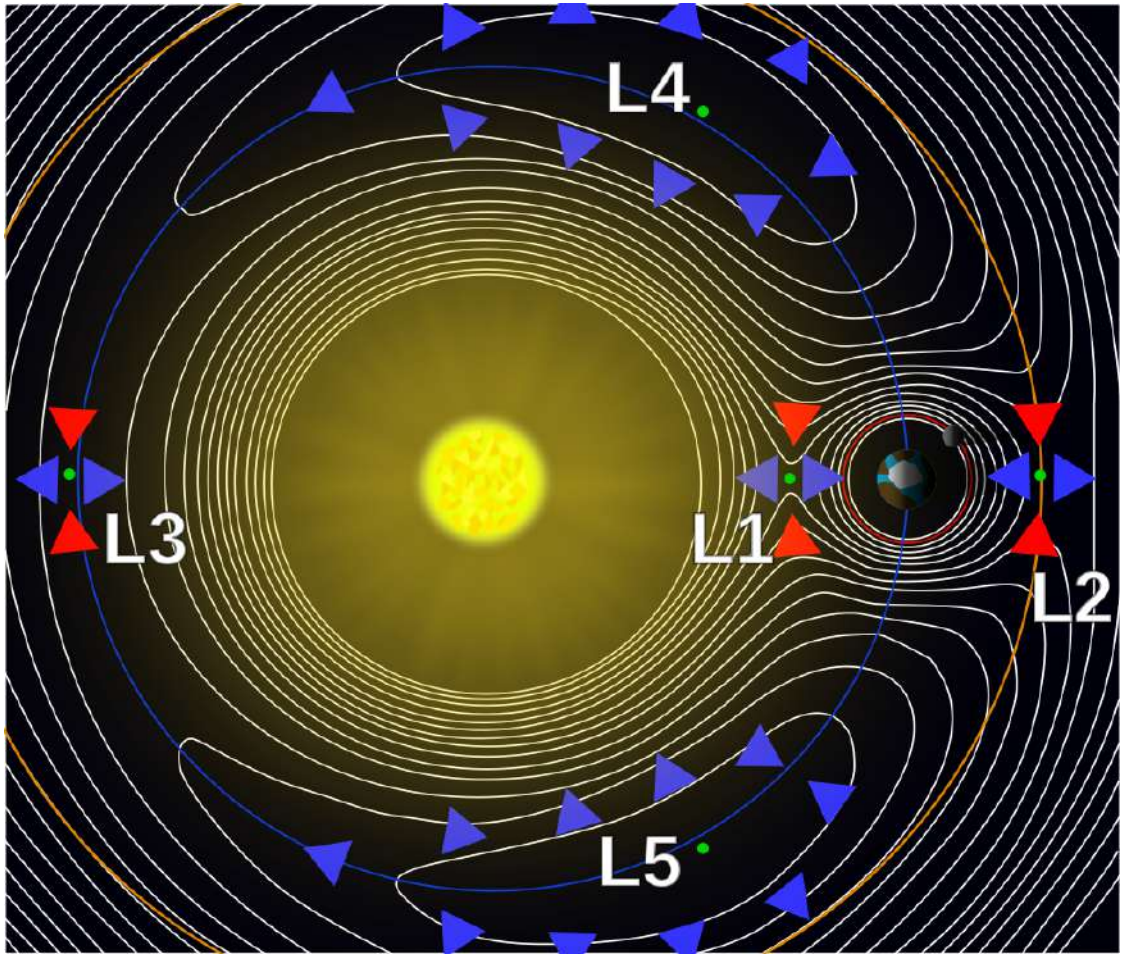
- En 1906 se descubrieron, en un corto intervalo, 4 pequeños planetas con un período de 12 años, exactamente igual al período de Júpiter, que viajan en una órbita similar, pero que se ubican a 60° de Júpiter, vistos desde el Sol, ya sea precediéndolo o siguiéndolo.
- Esta situación había sido predicha por Lagrange, quien encontró que esa configuración triangular es estable en el problema de tres cuerpos.

- Estos son los puntos L4 y L5 de Lagrange; los puntos L1, L2 y L3 están en la línea que conecta los dos cuerpos, L1 entre ellos y L2 y L3 fuera de ellos.
- Los cinco puntos de Lagrange son puntos de equilibrio pero sólo L4 y L5 son estables.
- Pequeños cuerpos están allí “en equilibrio estable”, bajo la acción combinada del Sol y Júpiter.

Puntos de Lagrange



Puntos de Lagrange



- Un análisis posterior mostró que los pequeños cuerpos pueden oscilar en torno a dichos punto, en las así llamadas libraciones, siempre acompañando a Júpiter a 60° de distancia (de longitud eclíptica).
- Estos objetos fueron nombrados como *Aquiles, Héctor, Patroklus, Nestor* y otros héroes de la guerra de Troya;
- al grupo se los conoce genéricamente como los **asteroides *troyanos***.

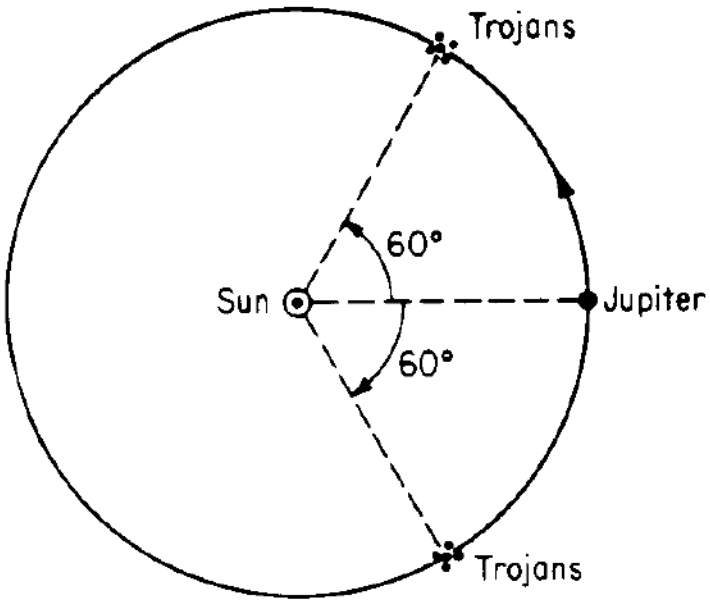
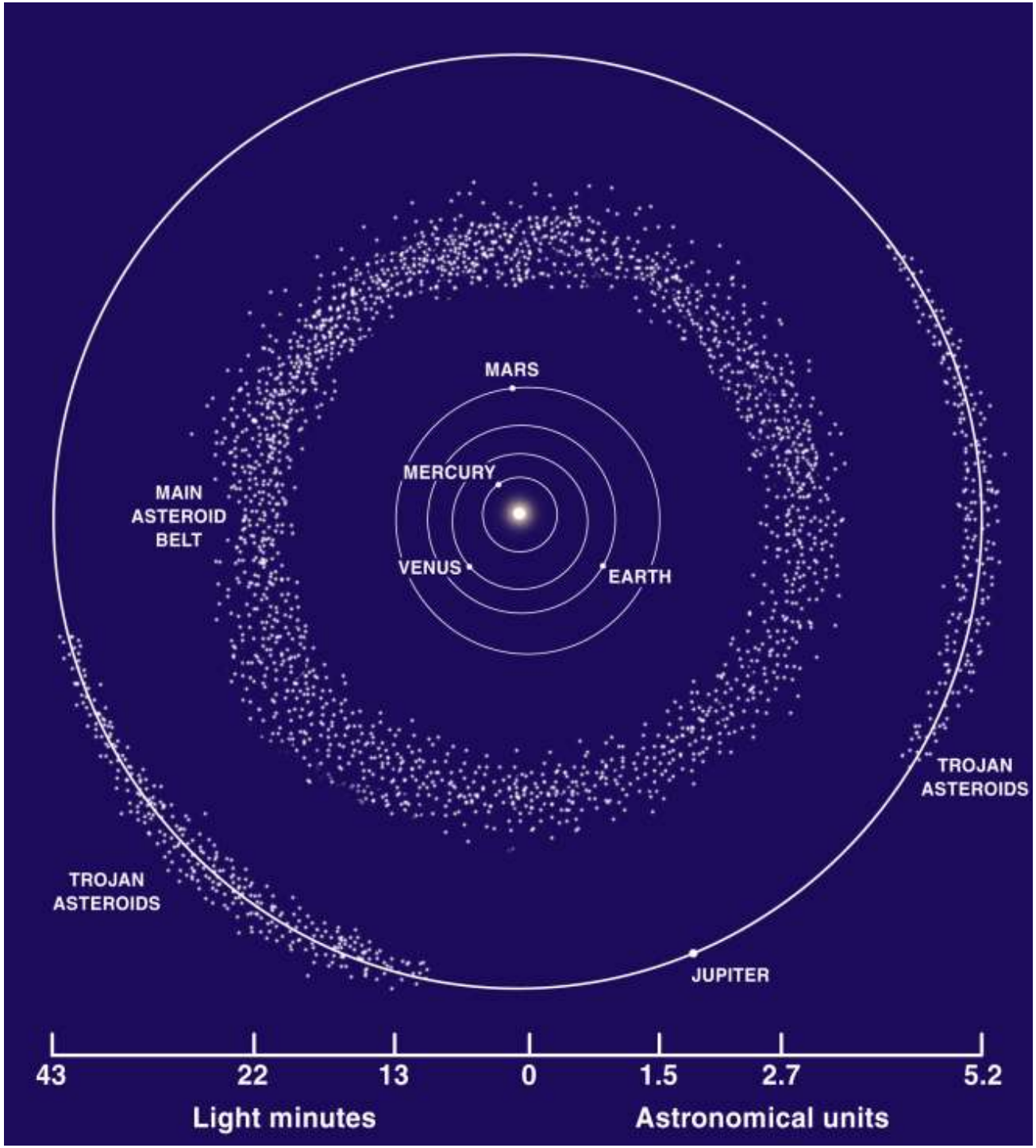
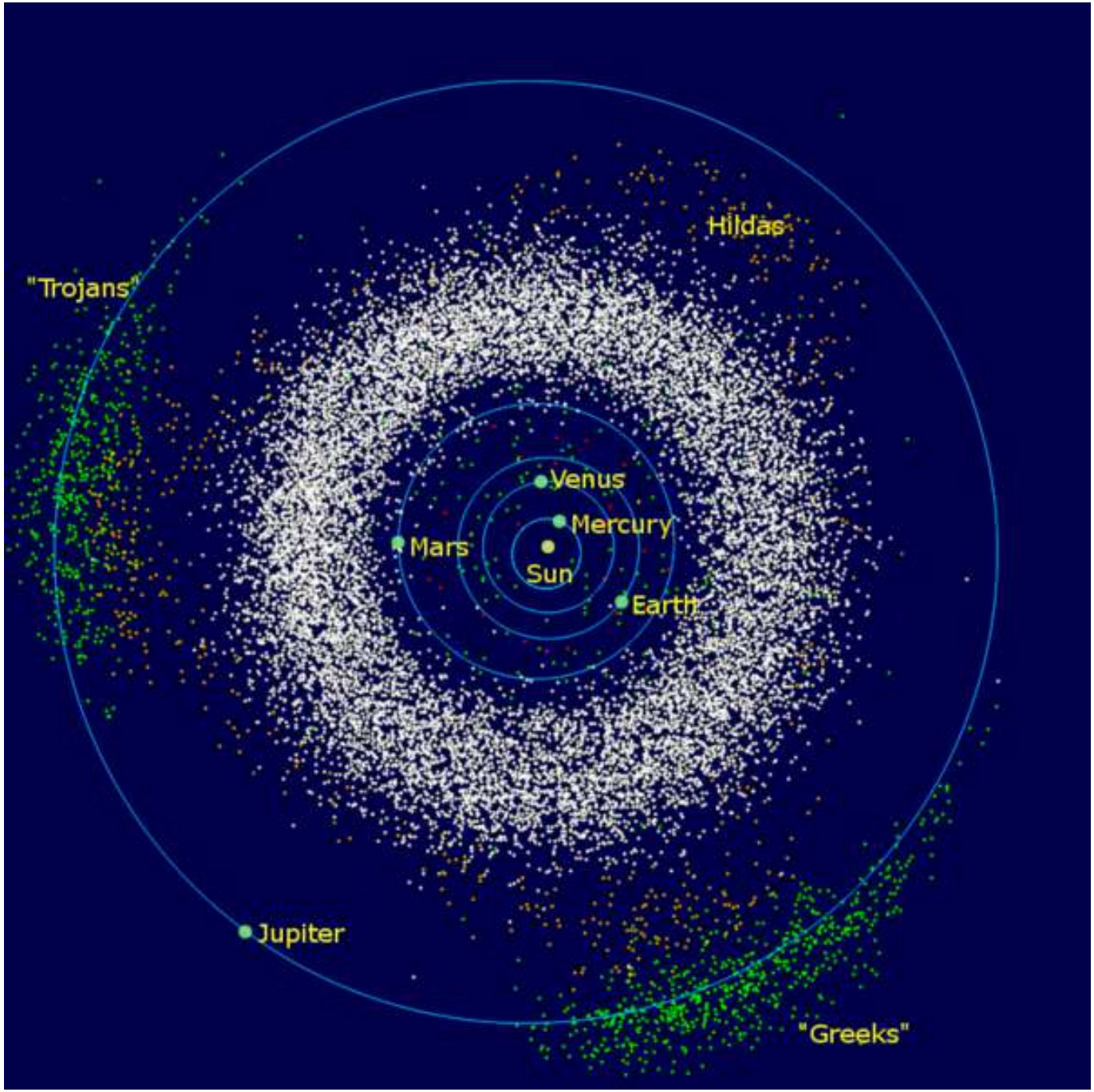
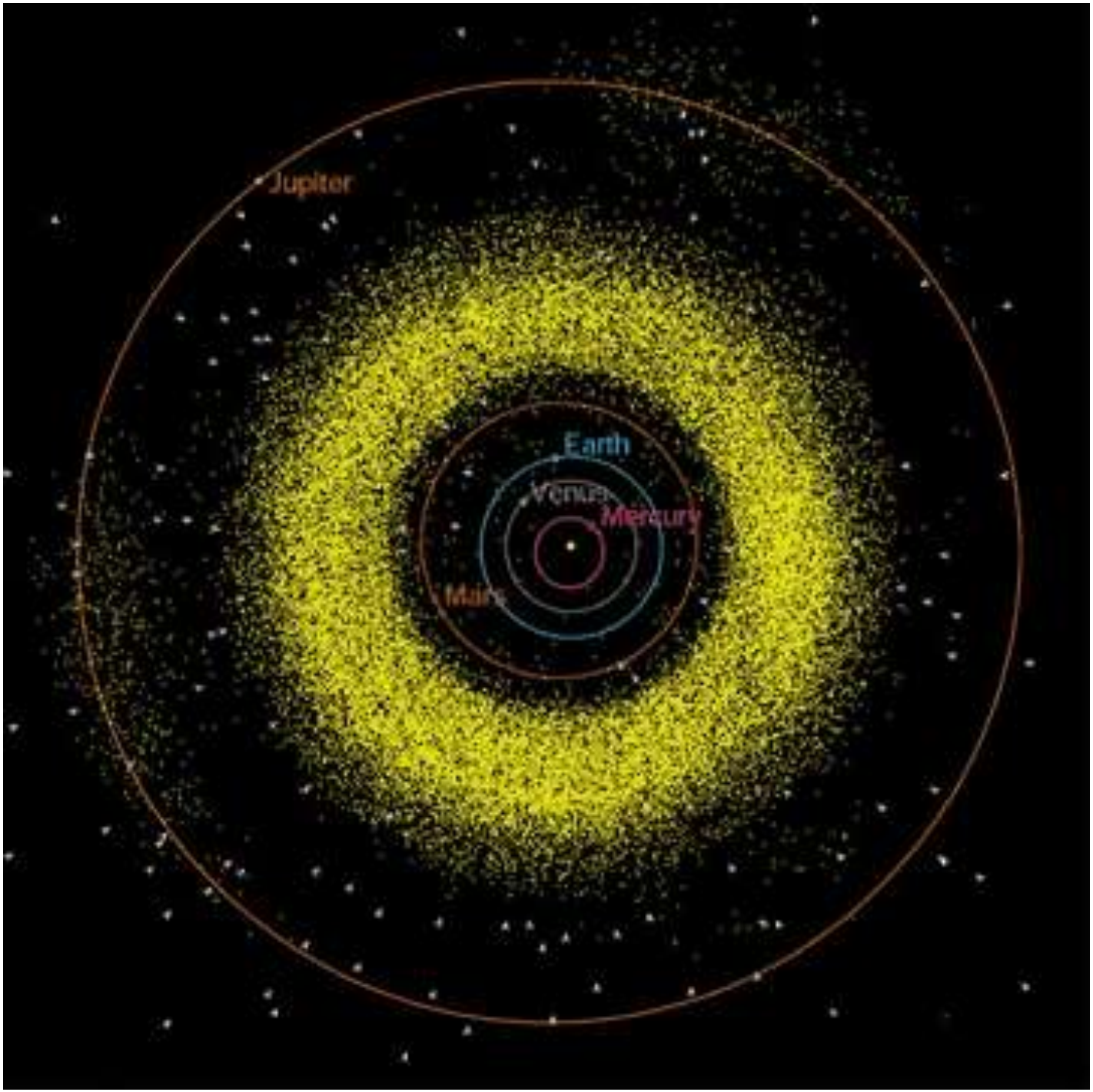


Fig. 12.1-2 Orbits of the Trojan asteroids.


MARS
MERCURY
VENUS
EARTH
MAIN
ASTEROID
BELT
TROJAN
ASTEROIDS
TROJAN
ASTEROIDS
JUPITER
43
22
13
0
1.5
2.7
5.2
Light minutes
Astronomical units


Hildas
"Trojans"
Venus
Mercury
Mars
Sun
Earth
Jupiter
"Greeks"


Jupiter
Earth
Venus
Mercury
Mars

- El L4 están los griegos (helenos), encabezados por Aquiles [se conocen más de 4.000 asteroides en L4] y el L5, detrás de Júpiter están los troyanos [se conocen hoy más de 2.000 en L5].
- Asteroides en los puntos lagrangianos de Marte, Urano y Neptuno han sido encontrados en un pequeño número. A Saturno no se le han encontrado troyanos, posiblemente por las perturbaciones de Júpiter.
- El asteroides 2010 TK_7 es un troyano de la Tierra en L4; tiene 300 metros de diámetro.
- La excentricidad de las órbitas de los asteroides del cinturón principal es típicamente 0,14 y la gran mayoría tienen excentricidades < 0,25.
- Las inclinaciones de las órbitas son muy bajas, típicamente unos 8° y siempre menor que 16°

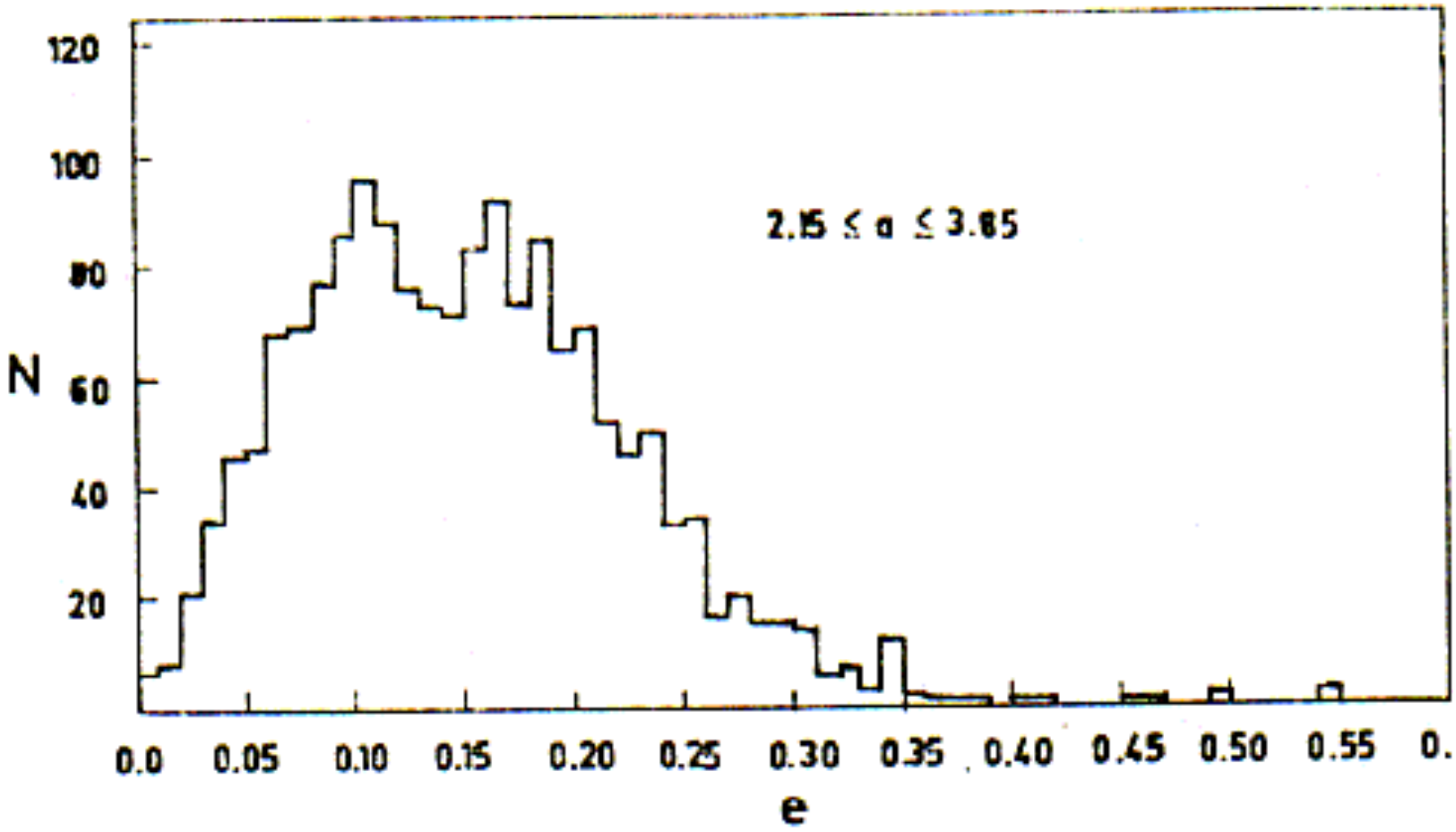


Fig. 4.—Número de asteroides como función de la excentricida
H. Alfvén y G. Arrhenius.

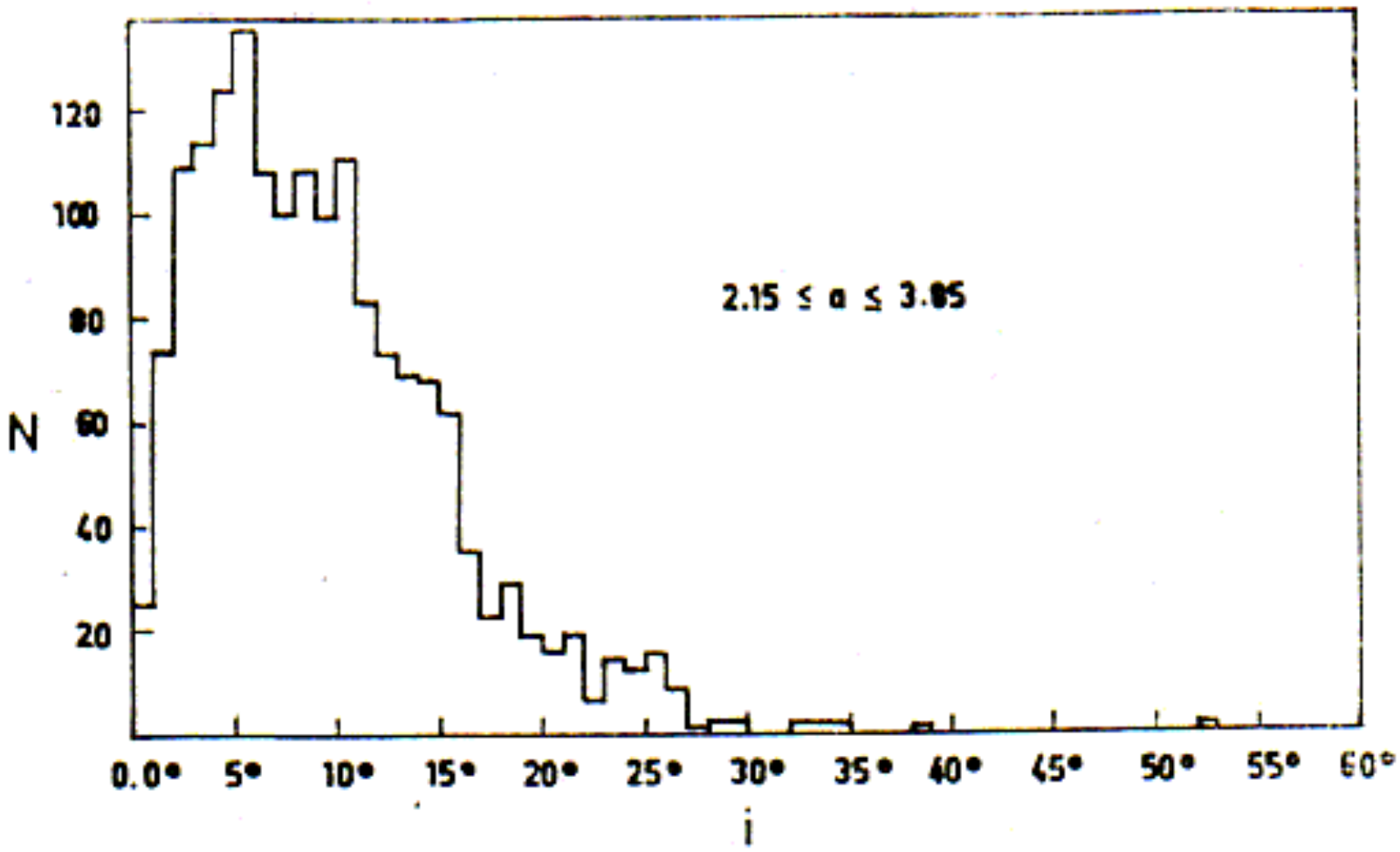


Fig. 5.—Número de asteroides como función de la inclinación. H. Alfvén y G. Arrhenius.

- Otro importante grupo de asteroides son aquellos que sus órbitas los llevan a pasar muy cerca de Marte y la Tierra.
- Un ejemplo de este tipo es el pequeño planeta **Eros**.
- Fue descubierto por Gustav Witt en Berlín en 1898.
- En su perihelio se acerca al Sol bastante más que la órbita de Marte llegando a una cercanía con la Tierra.
- En la oposición 1900-1901 llegó a 0,27 UA de la Tierra.

- Mejor aún en la oposición de 1930-1931 llegó a tan sólo 0,17 UA.
- Su paralaje geocéntrico es excelente para medir el paralaje Solar (el paralaje solar es 8,8” por lo que el paralaje de Eros es de aproximadamente 52” muy fácil de medir).
- Eros es el más notable miembro de la familia de los asteroides tipo **Apolo-Amor**.
- El perihelio del asteroide **Apolo** es menos de 1 UA y el perihelio de **Amor** está entre las órbitas de la Tierra y Marte.

- Existe una pequeña probabilidad de que uno de estos pequeños planetas que cruzan la órbita terrestre choque con ella.
- En 1989 Henry Holt descubrió un asteroide tipo Apolo que se acercó a 800.000 kilómetros de la Tierra.
- En 1992 el asteroide *Toutatis* pasó a sólo 4 millones de kilómetros de la Tierra.
- En 1993 Tom Gehrels encontró otro, de 10 km de diámetro, que pasó a sólo 140.000 km, menos de la mitad de la distancia a la Luna.

- Se ha anunciado que el 26 de octubre del 2028 pasará un asteroide a 1 millón de kilómetros de la Tierra. Se calcula que puede ocurrir una colisión con la Tierra cada millón de años.
- En 1976 Eleanor Helin descubrió el asteroide **Aten** cuya distancia media al Sol es menor a una unidad astronómica de distancia, permaneciendo su órbita todo el tiempo más cerca del Sol que la Tierra.
- Los asteroides **Amor**, **Apolo** y **Aten** conforman genéricamente una familia de Objetos cercanos a la Tierra, en inglés *Near Earth Objects*, abreviados **NEO**s.

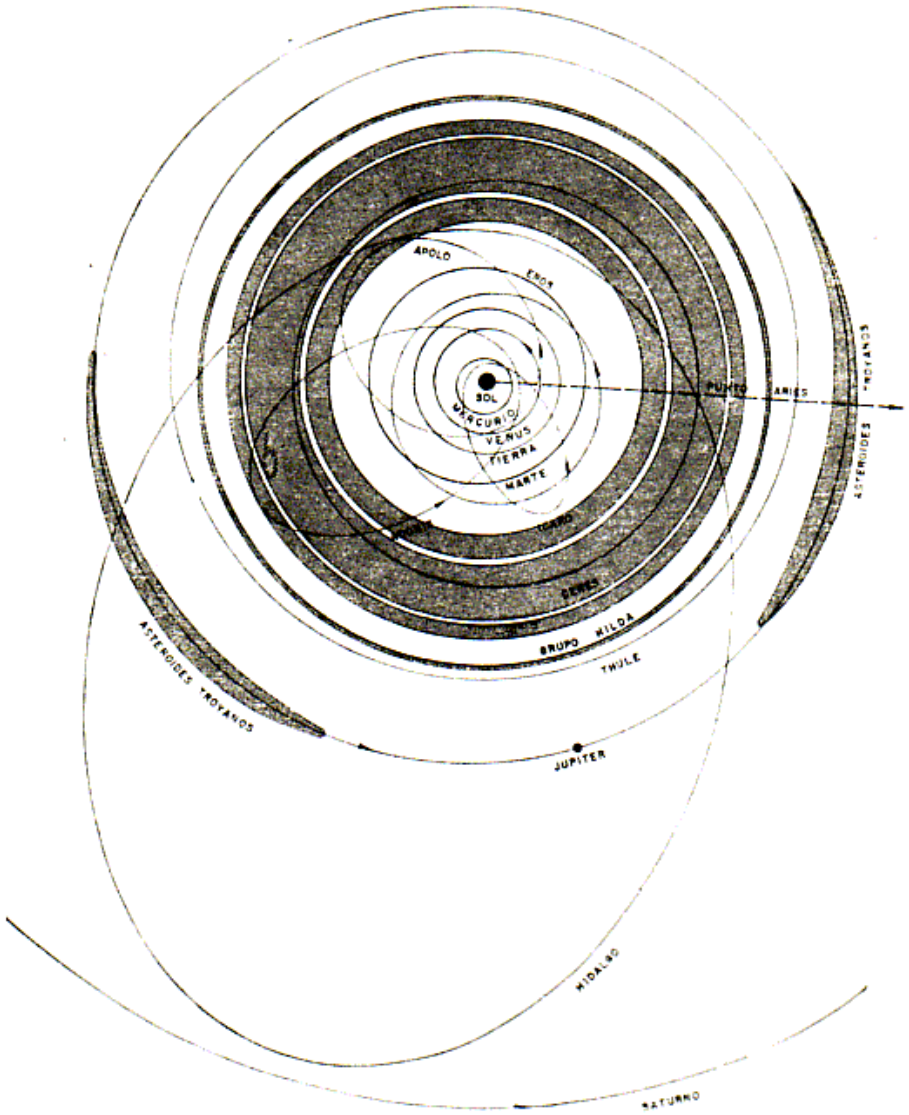
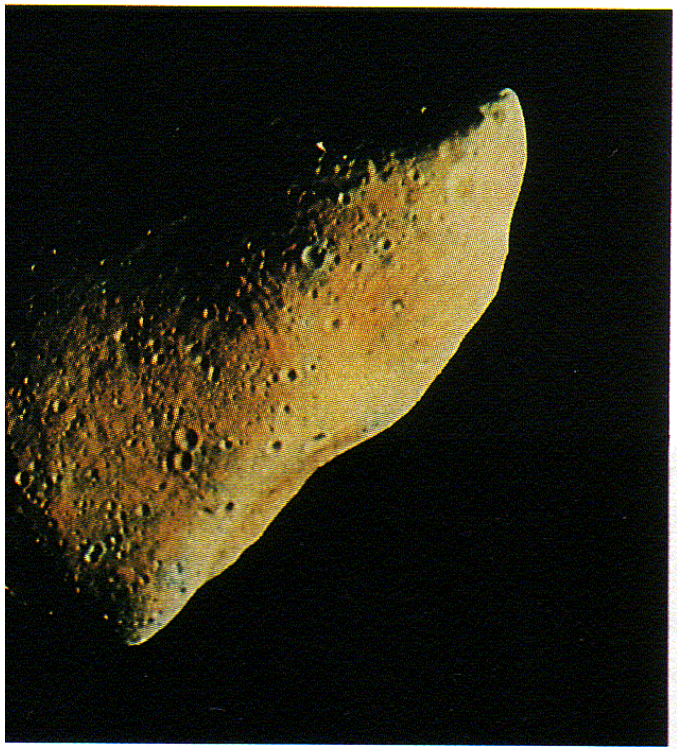
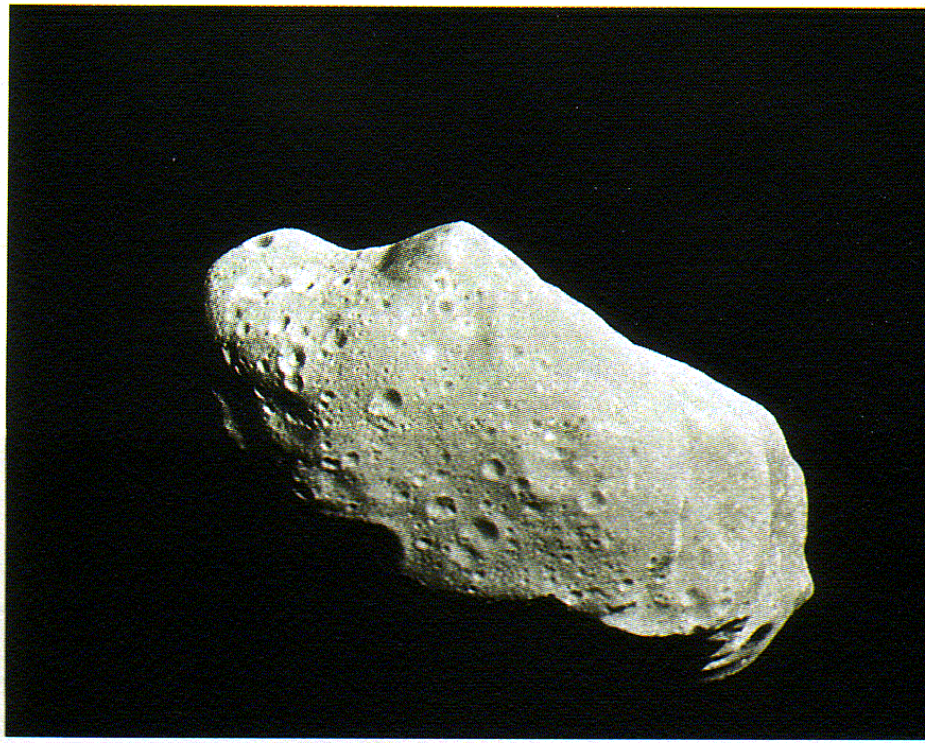


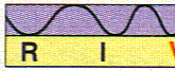
Fig. 6.—Gráfico de situación de los asteroides del anillo principal y de los grupos Hilda y Troyanos. Se encuentran en las zonas sombreadas. Se dibujan también algunas órbitas de pequeños planetas excepcionales. R. S. Richardson.

- Los **NEO**s son motivo de estudio en la actualidad para la NASA y el mundo entero.
- Hoy se han catalogado mucho miles de ellos, todos los que poseen un tamaño superior a un kilómetro, cuyo eventual impacto con la Tierra podría producir una catástrofe global.
- Ahora se trabaja en descubrir y catalogar todos los NEOs de más de 300 metros, que podrían producir una conmoción regional o local.
- La idea detrás de estos estudios es poder tener una alerta temprana de una colisión con la Tierra y poder tomar medidas.





(b)



(a) The asteroid Gaspra as seen from a distance of 1600 km by the probe *Galileo* on its way
he asteroid Ida, photographed by *Galileo* from a distance of 3400 km. (Ida's moon, Dactyl, is
ght of the photo.) The resolution in these photographs is on the order of 100 m. True-color
l the surfaces of both bodies to be a fairly uniform shade of gray. Sensors on board the
cated that the amount of infrared radiation absorbed by these surfaces varies from place to
as a result of variations in the thickness of the dust layer blanketing them.

Gaspra

Dimensiones: 18x11x9 km

Matilde

dimensiones: 66x48x46 km

- En 1920 Walter Baade descubrió el primer asteroide que cruza la órbita de Júpiter y llega casi hasta Saturno.
- Se lo denominó **Hidalgo** y fue por mucho tiempo el asteroide que más se alejaba del Sol.

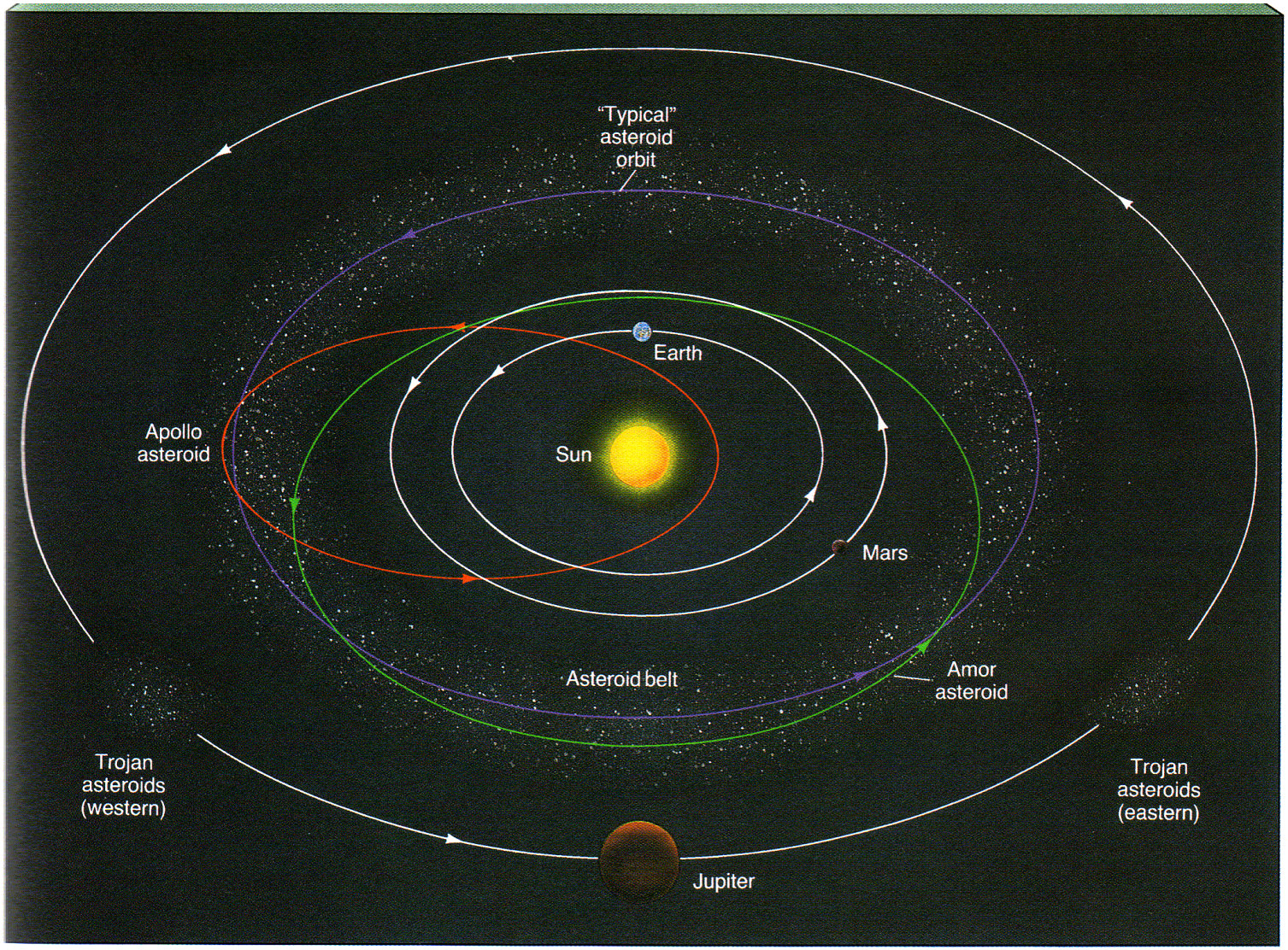
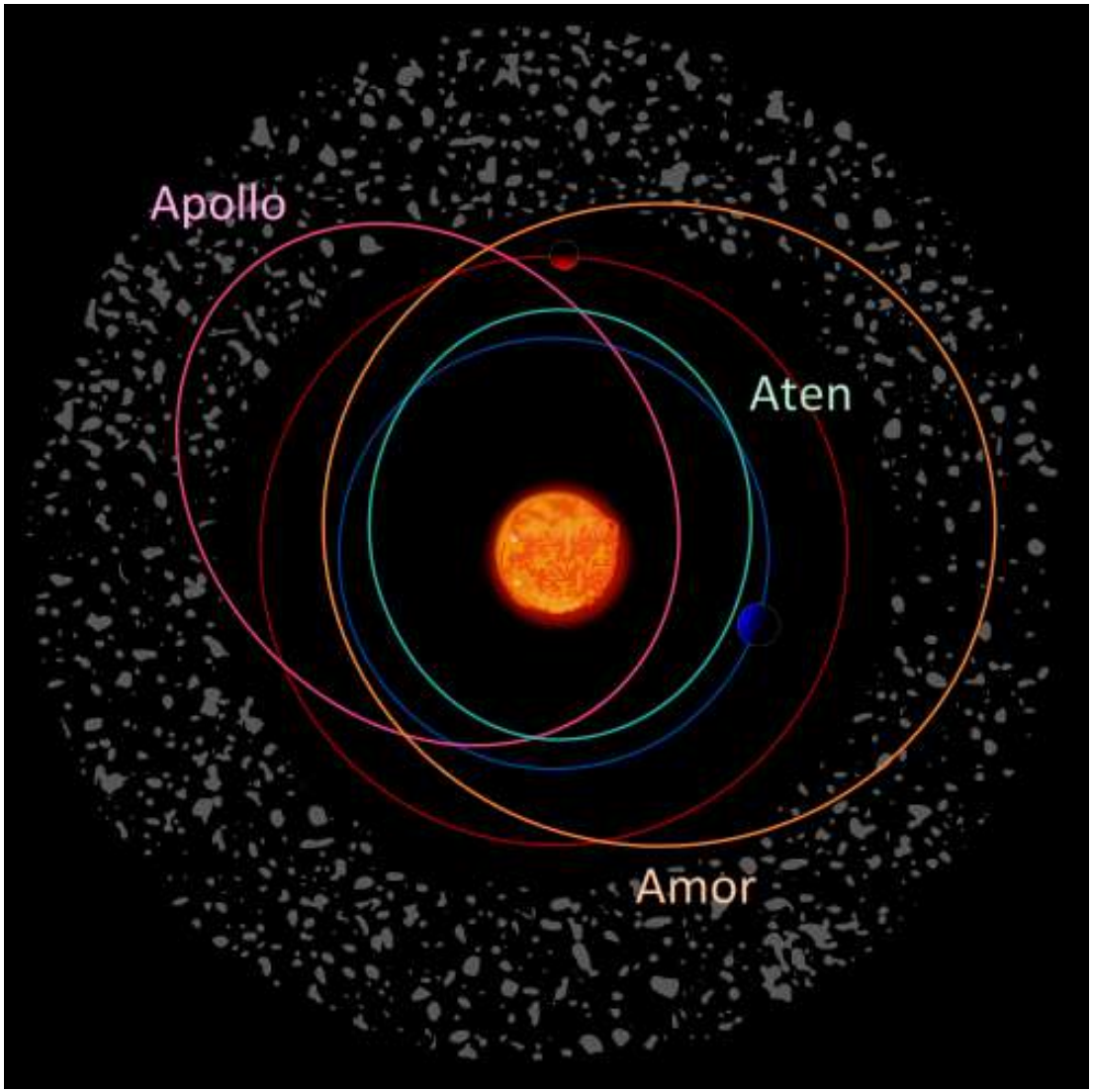


Figure 14.1 The asteroid belt, along with the orbits of Earth, Mars, and Jupiter. The main belt, the Trojan asteroids, and some Apollo (Earth-crossing) and Amor (Mars-crossing) orbits are shown.

En rojo: órbita de Marte
En azul: órbita de la Tierra



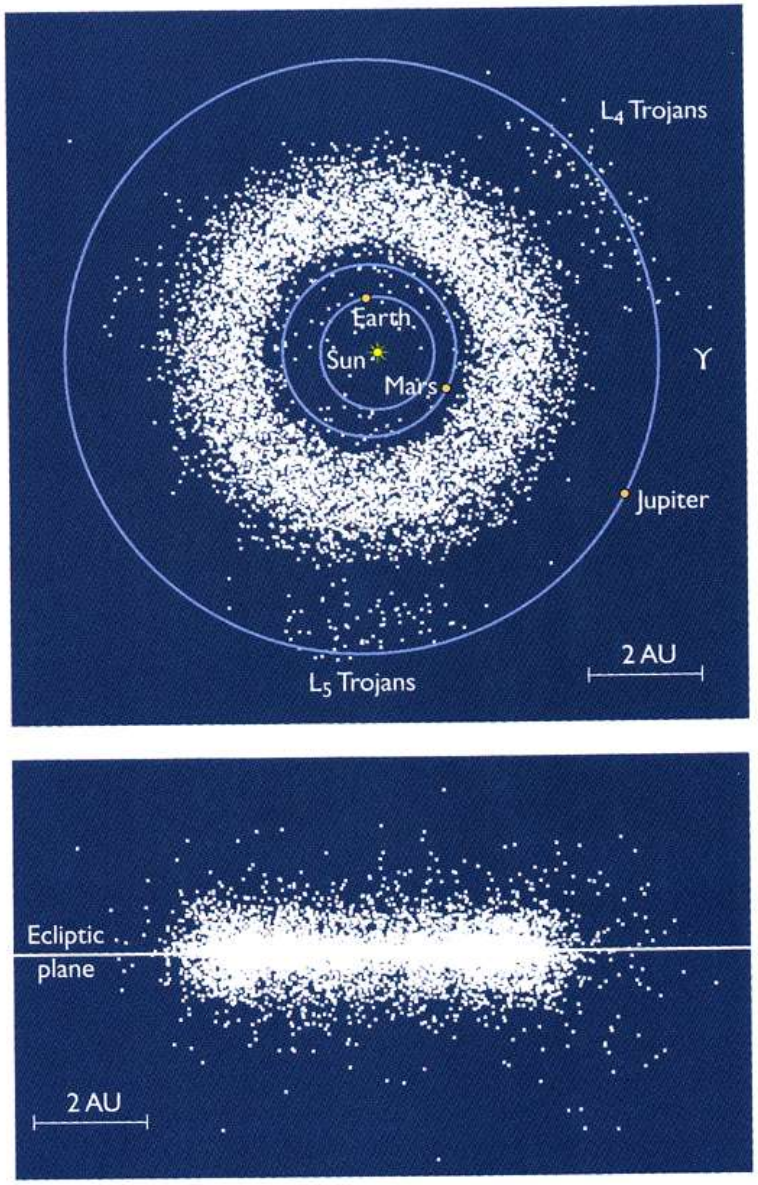


Figure 1. A computer snapshot of more than 8,000 numbered asteroids, positioned as they would have appeared as seen from above (upper panel) and along the ecliptic plane on 1 January 1998. The loose clusters situated ahead of and behind Jupiter along its orbit are the Trojan asteroids. Note that the inner margin of the main belt is not circular but instead concentric with the rather eccentric orbit of Mars.

- En 1977 Charles Kowal descubrió un objeto que orbita el Sol entre Saturno y Urano, con un período de 51 años.
- Fue catalogado como el asteroide 2060, **Chiron**.
- Tiene un diámetro de 200 kilómetros; su órbita es elíptica lo cual lo hacer acercarse a Saturno en su perihelio y a Urano en su afelio.
- Chiron resultó ser el primero de un grupo de asteroides entre Saturno y Urano que han sido llamados los **Centauros**, con distancias medias al Sol entre 13 y 25 UA lo que sitúa a varios de ellos más allá de la órbita de Urano.

- Recientemente, a partir de 1992, se han descubierto pequeños planetas más allá de la órbita de Neptuno (y de la de Plutón), con distancias medias al Sol entre 40 y 45 UA.
- Estos han sido llamados **objetos Trans-Neptunianos** (*Trans-Neptunian Objects* o **TNO**s abreviados en inglés).
- Se estima que existen 35.000 objetos como ellos, con órbitas entre 30 y 50 UA. Estos objetos están situados en **el cinturón de Kuiper** (Kuiper belt).

- Estos objetos han atraído la atención de los astrónomos pues son objetos cuya composición química sería la primigenia de la nube solar primitiva;
- se trataría de remanentes de la formación del sistema solar que no se integraron en ningún cuerpo mayor y que su gran distancia al Sol los ha hecho permanecer inalterados desde entonces.

Ida y su satélite

dimensiones: 60x25x20 km

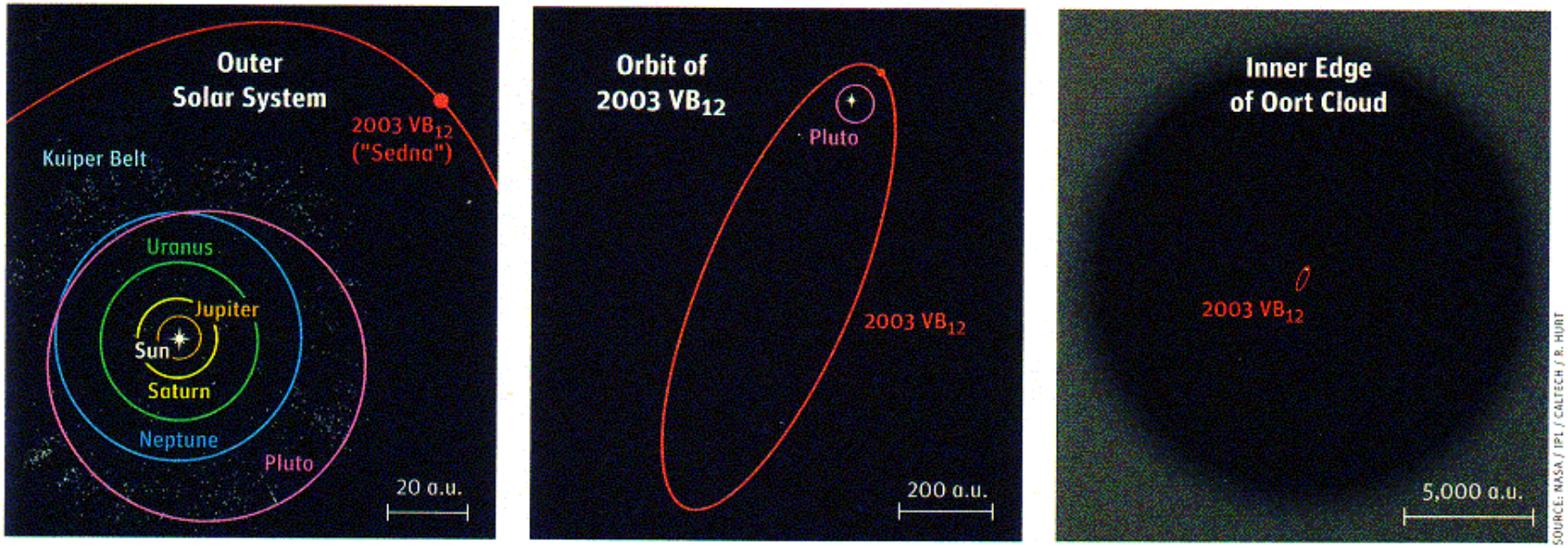
- Recientemente ha sido descubierto un TNO muy alejado del Sol que quizás sea el objeto más grande descubierto desde 1930 (fecha en que se descubrió Plutón).
- Ha sido designado como **Sedna**; está situado ahora a 89 unidades astronómicas del Sol.

- Con un diámetro estimado en 1.000 kilómetros tiene un tamaño que es lun tercio de la Luna y casi la mitad de Plutón.
- Los descubridores Michael Brown (CalTech), Chad Trujillo (GEMINI) y David Rabinowitz (Yale) lo descubrieron el 14 de Noviembre del 2003 en tres imágenes tomadas por el telescopio Schmidt de Monte Palomar en EE.UU.
- Ellos sugirieron bautizarlo Sedna, diosa Inuit que vive en una fría y oscura caverna en el fondo del mar Ártico.

- Se han encontrado imágenes pre-descubrimiento que llegan hasta 1990.
- Con todas ellas se ha calculado una órbita que muestra ser muy alargada (muy excéntrica) que hace que Sedna en el perihelio se ubique a 76 U.A. pero llega hasta 950 U.A. en el afelio y su órbita tiene un período de 11.500 años.
- El TNO que poseía el anterior record era el 2000 CR_{105} que va de 44 hasta 410 U.A en una órbita de 3,400 años.

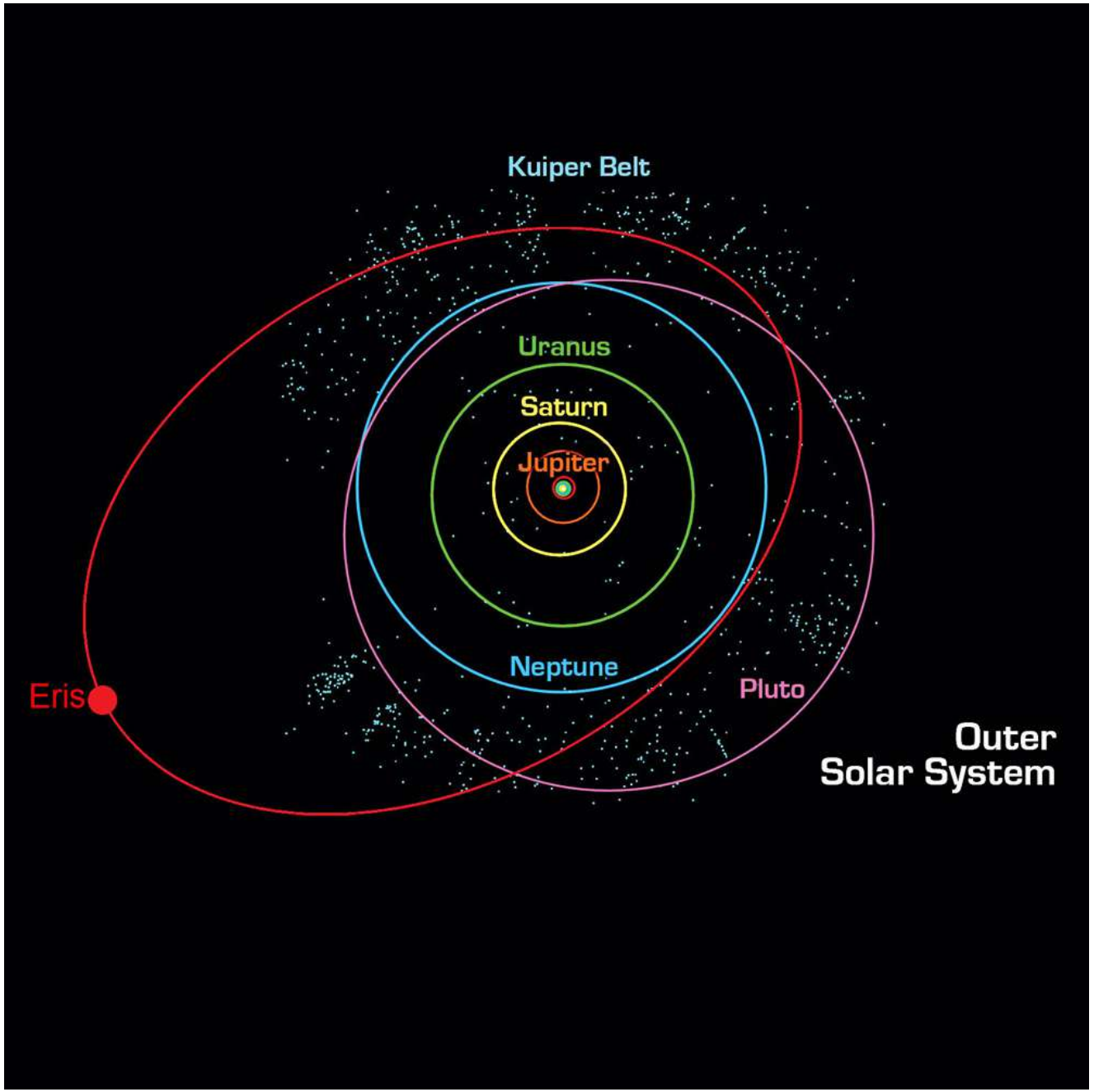
- Sedna es un poco distante para ser un objeto del cinturón de Kuiper pero no llega lo suficientemente lejos para ser parte de la nube de Oort.
- Es un objeto que está situado en una posición intermedia entre los TNOs y los cometas de largo período.

Su alargada órbita sitúa a Sedna fuera del cinturón de Kuiper (por donde anda Plutón), hacia la nube de Oort, pero sin llegar a ella.



- El 29 de Julio del 2005 se ha anunciado el descubrimiento del objeto del sistema solar más grandes desde 1846 (fecha del descubrimiento de Neptuno).
- El objeto, descubierto en el 2003 y anunciado en julio del 2005, orbitaría el sol en 557 años en una órbita con una excentricidad mayor que la típica de los planetas pero no tan grande como la de los cometas.
- El nombre provisorio el objeto era 2003 UB313.

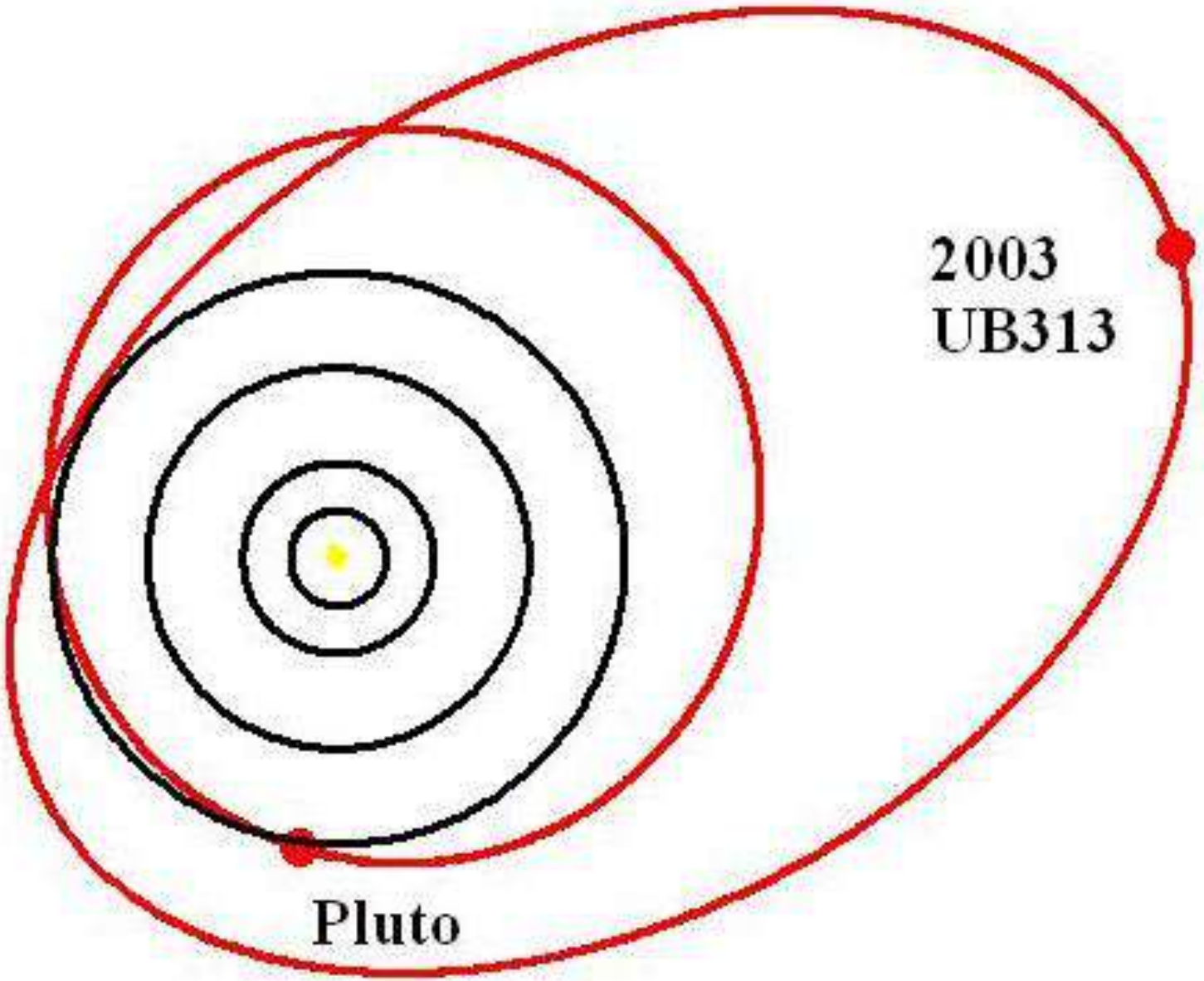
- En Septiembre del 2006 fue nombrado como **Eris** o Éride (ambas formas son correctas en castellano) es la deidad griega equivalente a la latina *Discordia*.
- A Eris, entre otras cosas se le atribuye los acontecimientos que llevaron a la guerra de Troya.
- Fue descubierto por el mismo grupo que descubrió Sedna, esto es Michael Brown, Chad Trujillo y David Rabinowitz.


Kuiper Belt
Uranus
Saturn
Jupiter
Neptune
Pluto
Eris
Outer
Solar System

- En el afelio **Eris** alcanza las 97 unidades astronómicas (U.A.) mientras en el perihelio se acerca al Sol hasta 35 U.A.
- La excentricidad del objeto es e= 0,47 y su semi-eje mayor es de 66 U.A.
- Su inclinación con respecto a la eclíptica es de 44^{o}, inclinación de gran magnitud.
- El nuevo objeto está situado muy cerca de su máxima distancia al Sol (afelio) y tiene magnitud 19.

- Según observaciones del telescopio espacial Hubble y del Observatorio Keck en Hawai, el diámetro de **Eris** es de 2.398 Km. (± 96 Km.); con una masa de $1{,}66 \times 10^{22}$ kg.
- **Eris** es un poco más grande que Plutón cuyo diámetro y masa son: D = 2.370 Km. , m = $1{,}25 \times 10^{22}$ kg.
- La Unión Astronómica Internacional en su Asamblea General de Praga, en el 2006, decidió crear una categoría de **planetas enanos**, entre los cuales están, Plutón, Eris, Sedna y Ceres.

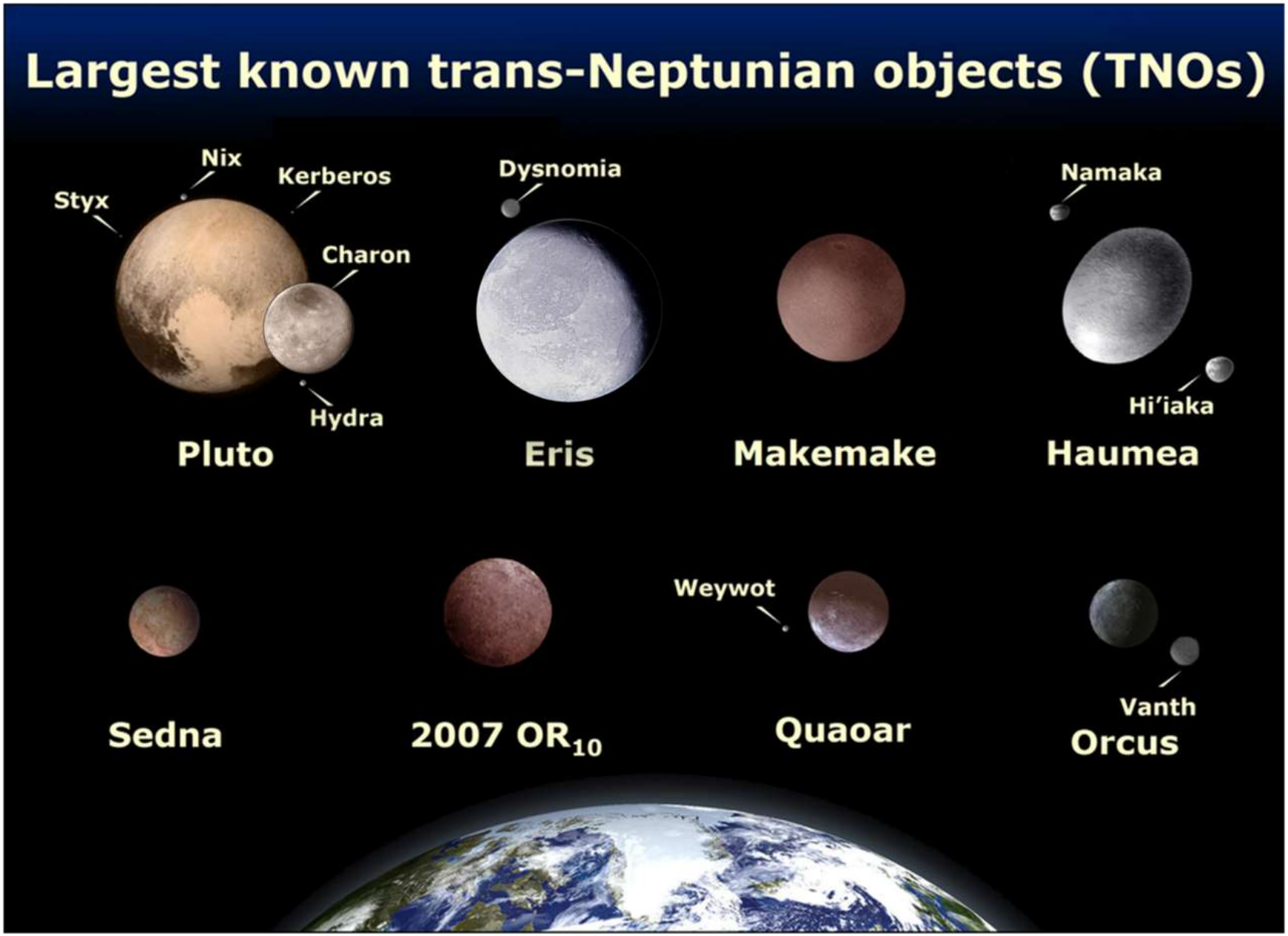
- Quaoar y otros TNOs se los considera “candidatos” a planetas enanos.
- La costumbre es nombrar a los TNOs como deidades griegas y en el caso de los plutinos (objetos que comparten las características orbitales de Plutón) con deidades griegas del inframundo (Plutón era el dios del inframundo).


2003
UB313
Pluto

Vista (artística) del Sol desde Sedna

Vista (artística) del Sol y la galaxia desde Sedna

Sedna
Quaoar
Plutón
Luna
Tierra


Largest known trans-Neptunian objects (TNOs)
Nix
Kerberos
Styx
Charon
Hydra
Pluto
Dysnomia
Eris
Makemake
Namaka
Hi'iaka
Haumea
Sedna
2007 OR10
Weywot
Quaoar
Vanth
Orcus

- Para explicar el origen de los pequeños planetas se han sostenido dos puntos de vista totalmente opuestos.
- Para algunos serían los fragmentos de un planeta de tamaño normal que se desintegró en un gran cataclismo.
- Esta hipótesis fue propuesta por Olbers a comienzos del siglo XIX.
- Para otros se trataría de los componentes a partir de los cuales no logró constituirse un planeta normal.
- Si esta última hipótesis fuese la correcta se trataría de material primigenio que no llegó a aglomerarse para constituir un planeta.

- Cabe señalar que los planetas exteriores al cinturón de asteroides (Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno) poseen características muy diferentes de las de los planetas dentro del cinturón (Marte, Tierra, Venus y Mercurio).
- Esto parece indicar que la parte externa del Sistema Solar se formó bajo condiciones muy diferentes a las imperantes durante la formación de los planetas interiores.

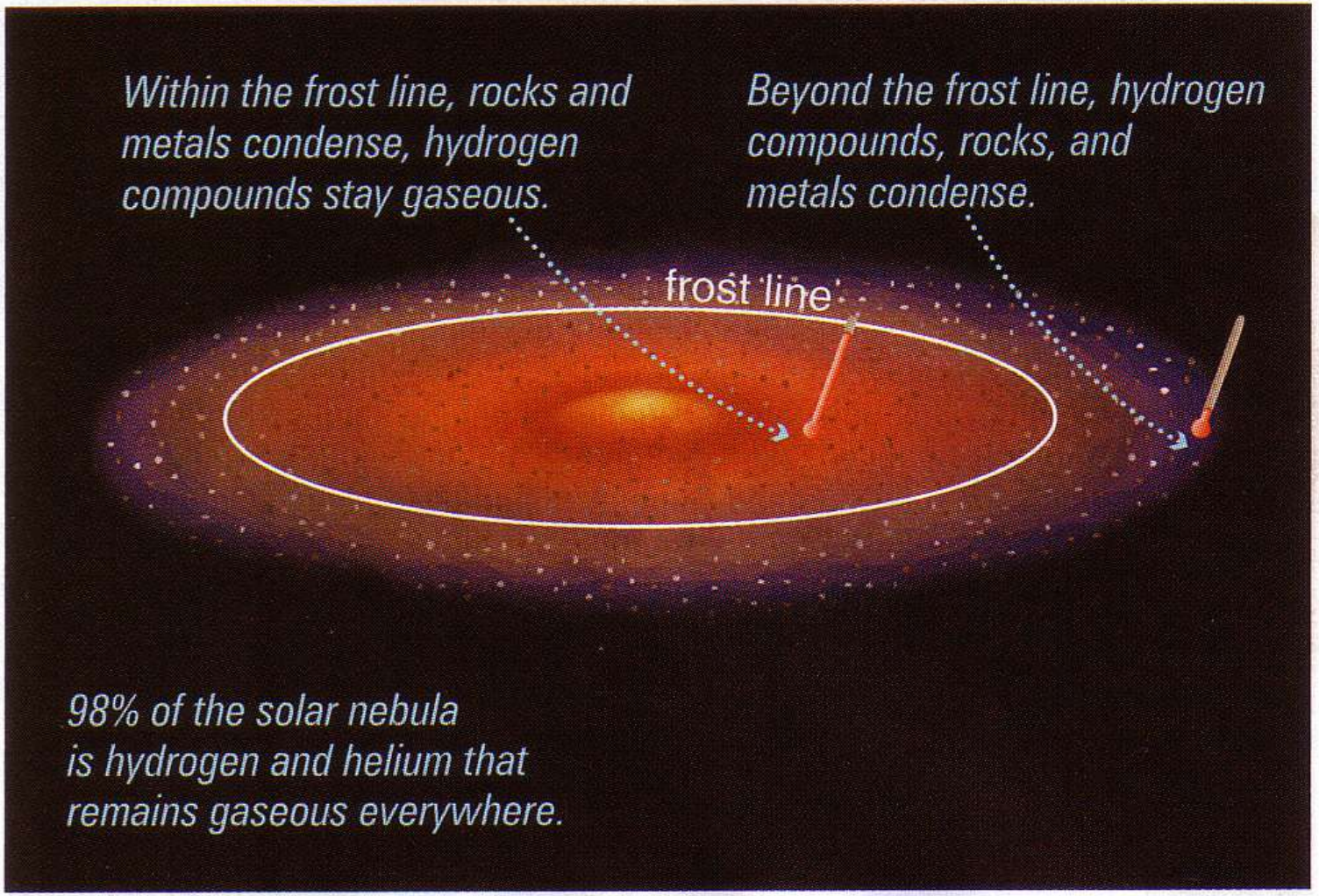


Figure 6.17 **Interactive Figure**

Temperature differences in the solar nebula led to different kinds of condensed materials, sowing the seeds for two different kinds of planets.

- Esa transición habría ocurrido cuando debía formarse un planeta a 2,8 UA y tal vez ese cambio brusco de temperatura hizo imposible la formación de un planeta de hielo, como los jovianos, o de un planeta rocoso, como los terrestres.
- La materia prima quedó dispersa en esa zona.
- En todo caso no es una gran cantidad de masa: se estima que la masa de todos los asteroides no es más de 0,004 la masa terrestre.

- Lo que ahora habría no es suficiente para formar un planeta comparable ni con Mercurio, el más chico de los terrestres, con una masa de 0,055 masas terrestres.
- Los que hay hoy obviamente no es lo que había hace 4.600 millones de años, al formarse el sistema solar.

Planeta Enanos

- En el 2006 la IAU (Unión Astronómica Internacional) definió una nueva categoría de objetos: los **planetas enanos**. Son objetos que orbitan al Sol, de forma esférica, pero que no han “limpiado su órbita”. Plutón es el prototipo.
- Ceres fue “elevado” a la categoría de planeta enano.

NEOs

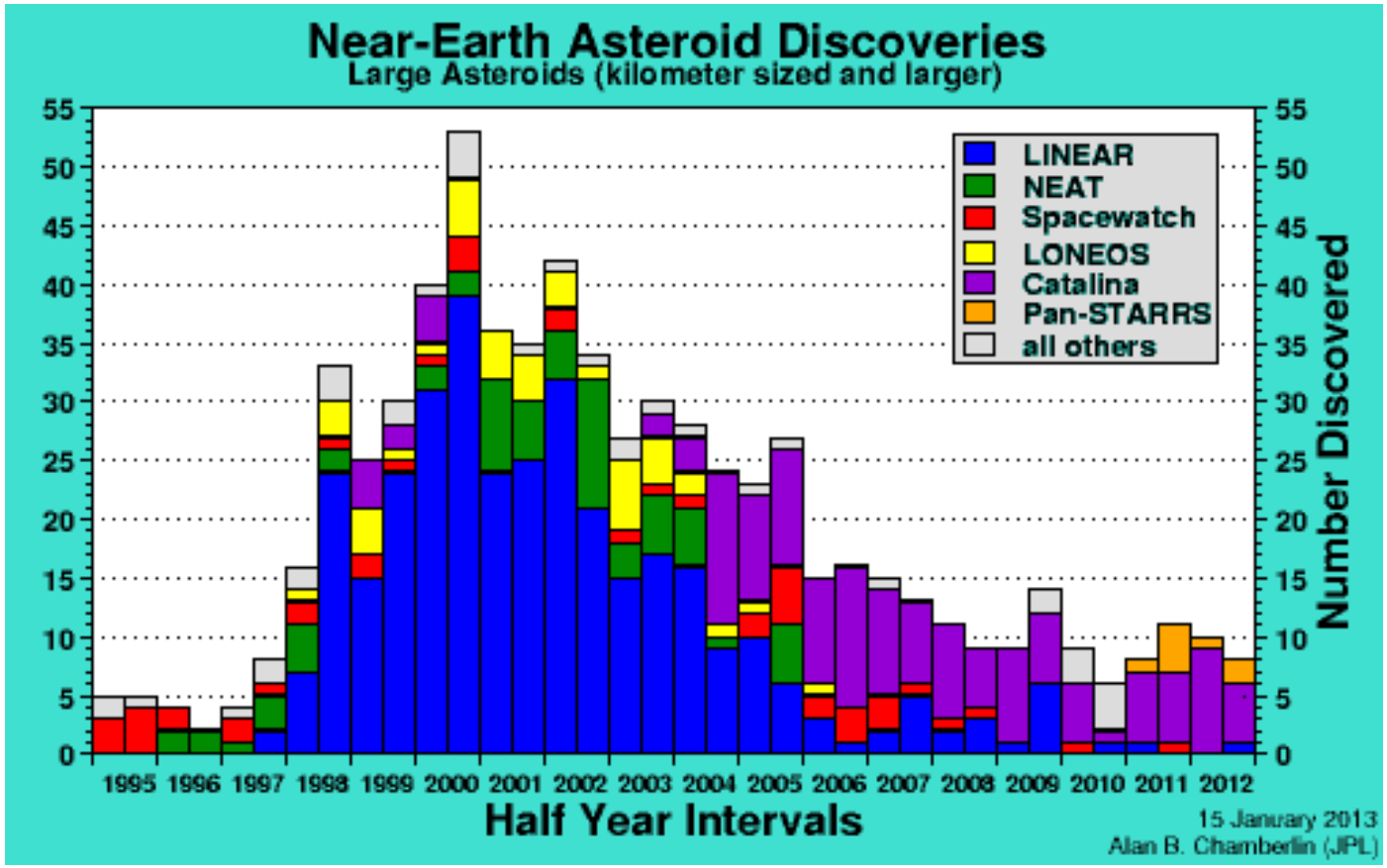
Asteroide Toutatis, un NEO. Durante la exposición el asteroide se desplazó lo indicado por el trazo.

Asteroid (4179) Toutatis Passes the Earth
(VLT KUEYEN + FORS 1)

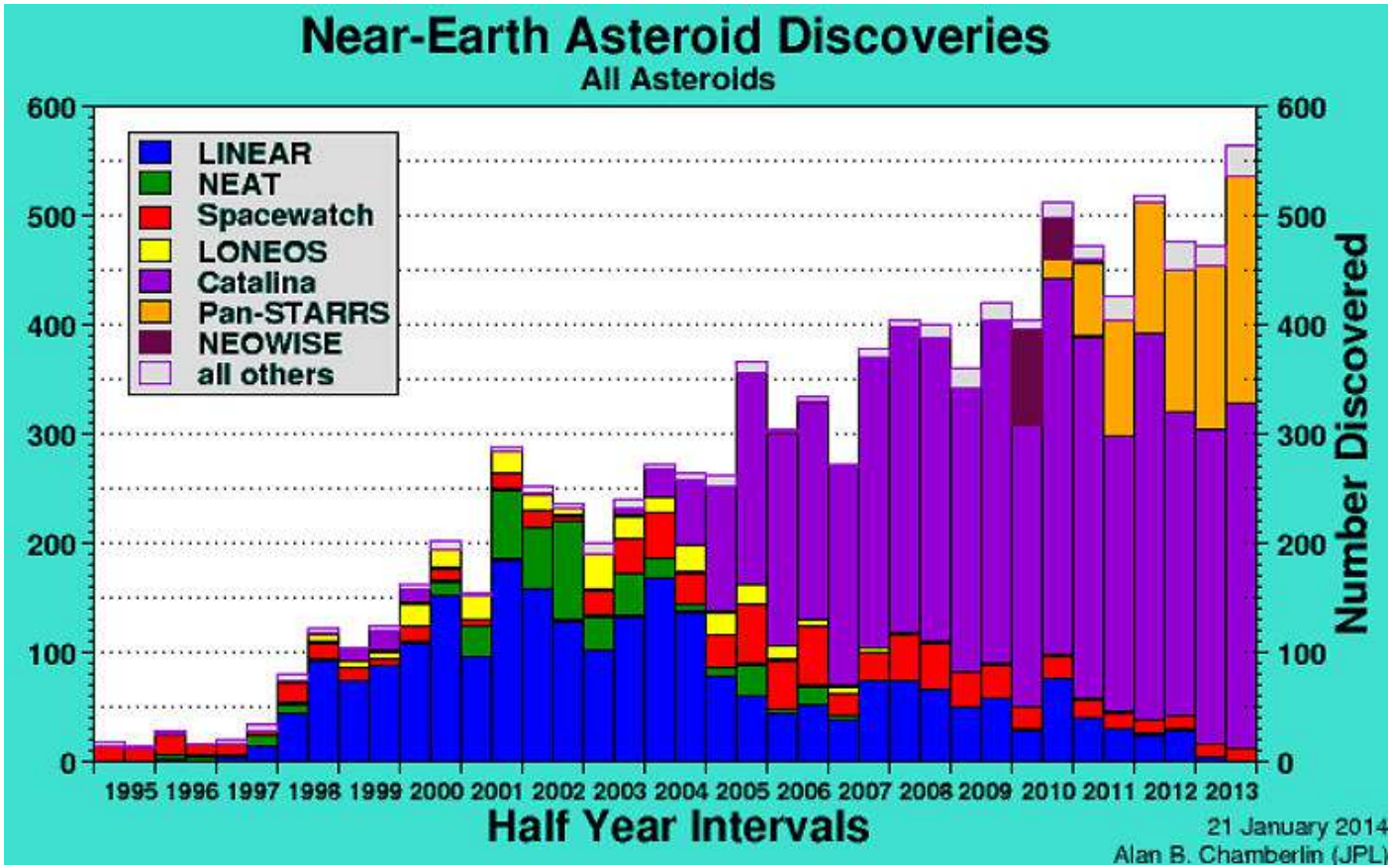
ESO PR Photo 28c/04 (29 September 2004)

© European Southern Observatory

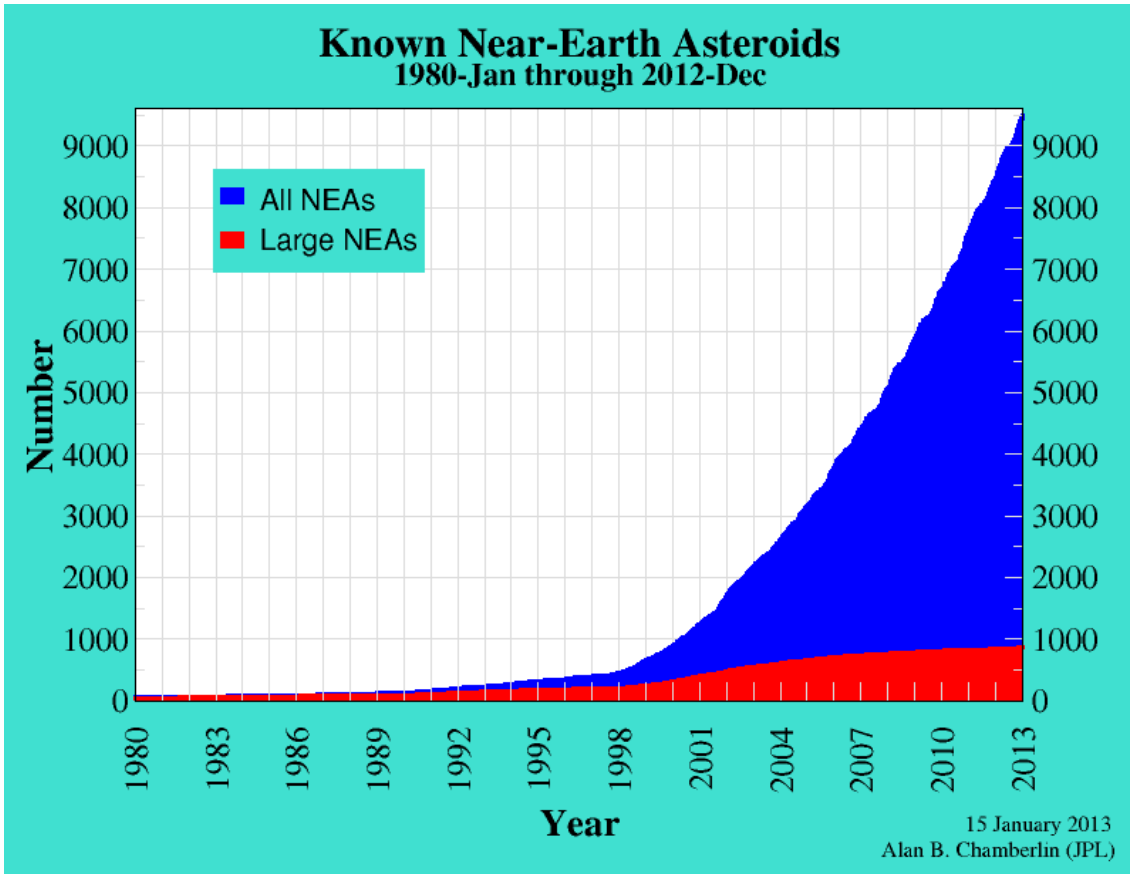
Neos de tamaños mayor que un kilómetro descubiertos en los últimos veinte años



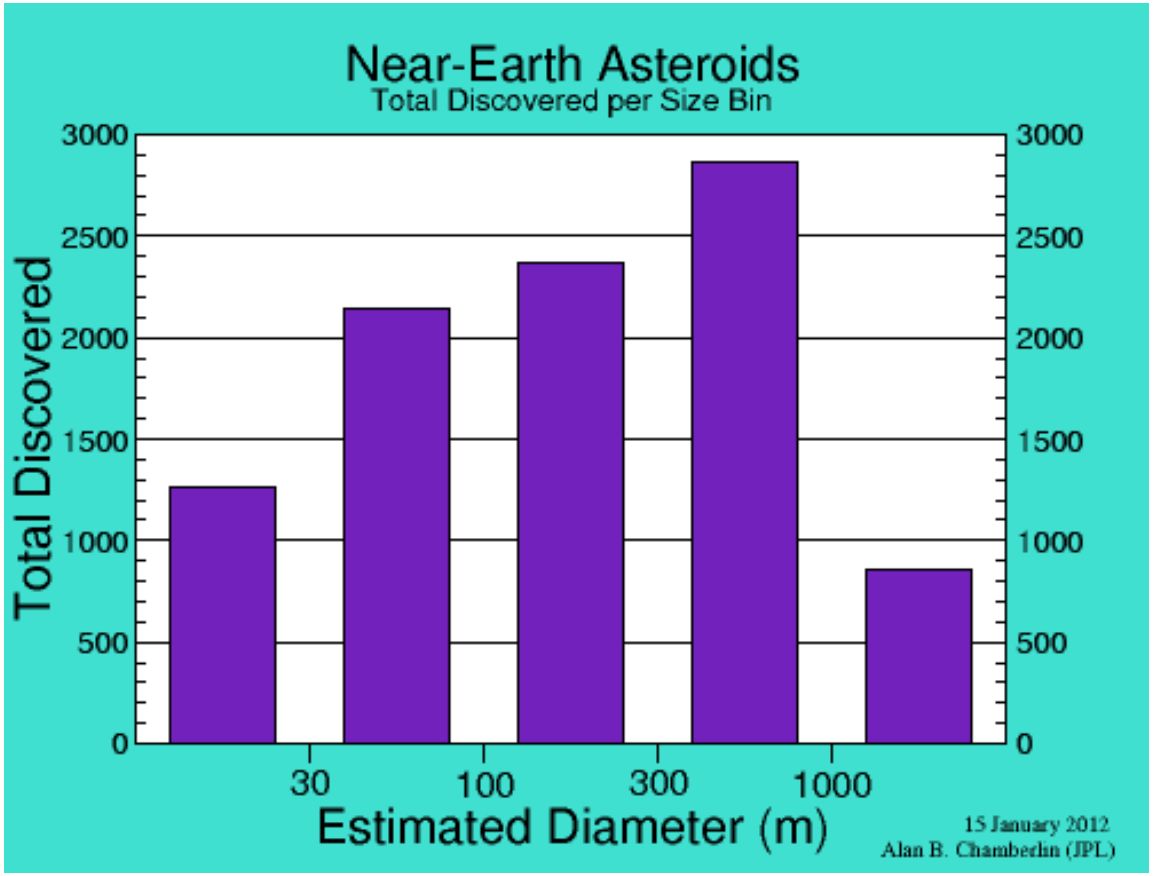
Neos de todos los tamaños descubiertos en los últimos veinte años



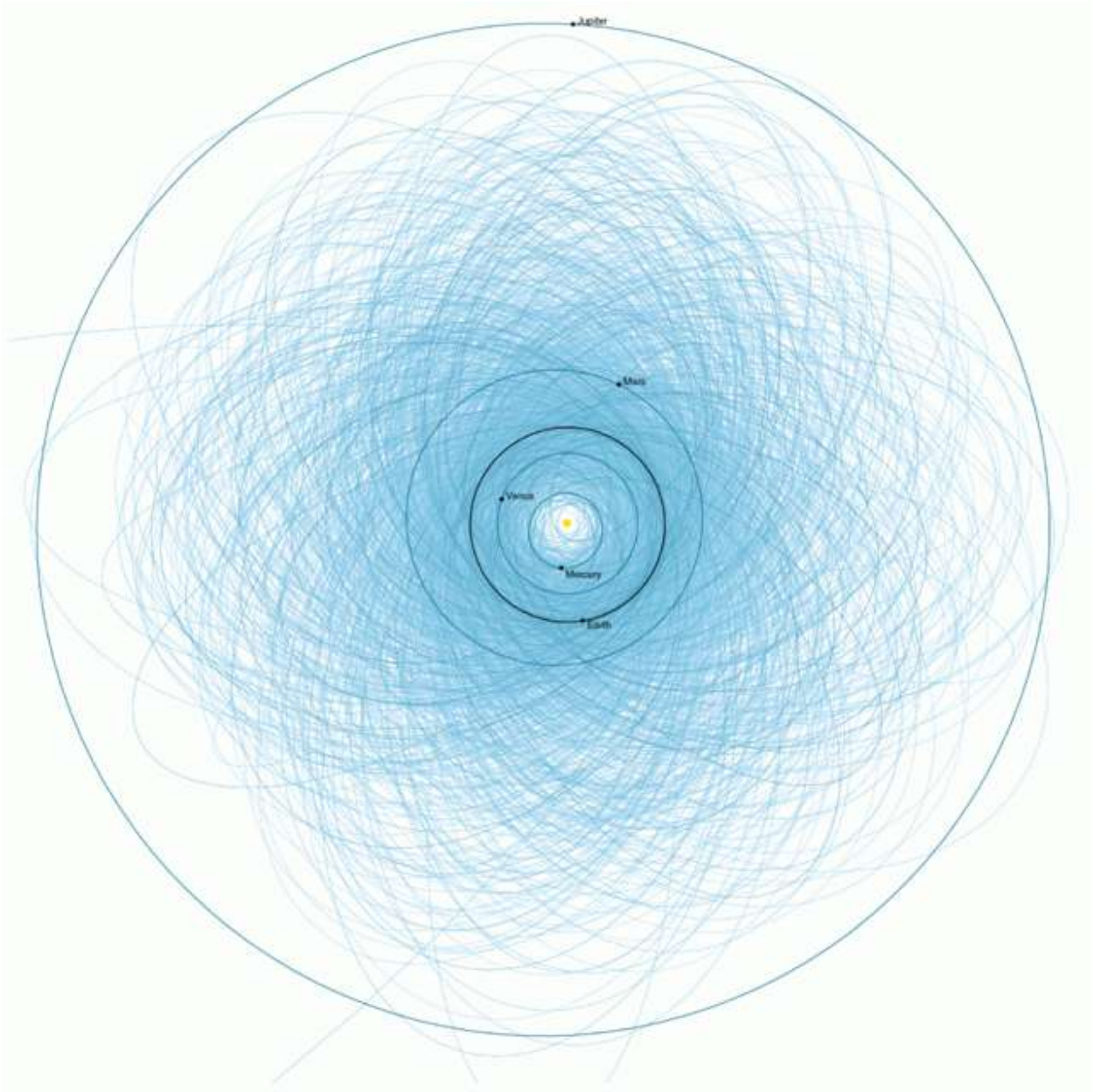
Número total de NEOS conocidos



Número de asteroides cercanos a la Tierra (NEOs o NEAs) por tamaño. La disminución hacia tamaños pequeños debe ser un efecto de selección



NEOs



Objetos cercanos a la Tierra Descubiertos

- Este mes: 65
- Este año: 1.023
- Desde siempre 16.528

Pequeños Planetas Descubiertos

- Este mes: 834
- Este año: 18.266
- Desde siempre 734.674

21 Agosto 2017